



## POTENSI NILAI KEHILANGAN JASA EKOSISTEM TERUMBU KARANG PULAU PARI, KEPULAUAN SERIBU, DKI JAKARTA

### POTENTIAL VALUE LOSS OF PARI ISLAND'S CORAL REEF ECOSYSTEMS SERVICES, SERIBU ISLANDS, DKI JAKARTA

Yudi Wahyudin <sup>1\*</sup>, Mahipal <sup>2</sup>, Muhammad Nur Arkham <sup>3</sup>, Septa Riadi <sup>4</sup>, Dudi Lesmana <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Djuanda, Jl. Tol Ciawi No1, Ciawi-Bogor, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Hukum, Universitas Pakuan, Jl. Pakuan No.1 Ciheuleut 16144 Jawa Barat, Indonesia

<sup>3</sup> Dosen Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Jl. Wan Amir, No.1, Kec. Dumai Barat, Dumai, Indonesia

<sup>4</sup> Dosen Universitas Sang Bumi Ruwai Jurai, Jl. Imam Bonjol 468 35151 Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

\* Korespondensi: yudi.wahyudin@unida.ac.id (Y Wahyudin)

5 Juli 2022 – Disetujui 15 Oktober 2022

**ABSTRAK.** Pemanfaatan ekosistem terumbu karang secara berlebihan akan menyebabkan hilangnya sebuah jasa dan fungsi dari ekosistem tersebut. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari. Nilai kehilangan jasa ekosistem dihitung dengan kombinasi teknik-teknik valuasi ekonomi, diantaranya EOP, TCM, CVM, dan BTM. Hasil kajian menunjukkan bahwa jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari mencapai sebesar Rp. 832.399,19 per meter persegi per tahun. Nilai ini terdiri atas nilai jasa pengaturan iklim sebesar Rp. 2.292,88, jasa pengaturan gangguan (biotik-abiotik) sebesar Rp. 32.972,45, jasa pengaturan abrasi sebesar Rp. 295.708,12, jasa pendukung habitat untuk perkembangan biakan, asuhan dan suplai nutrisi sebesar Rp. 35.609,91, jasa penyedia/produksi makanan berupa ikan konsumsi sebesar Rp. 18.870,93, jasa penyediaan material bangunan sebesar Rp. 42.460,73, jasa penyedia sumberdaya genetik sebesar Rp. 64.139,12, jasa penyedia wisata/rekreasi sebesar Rp. 301.570,41 dan penyedia jasa budaya sebesar Rp. 38.774,64. Nilai total jasa ekosistem ini menjadi potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari yang rusak akibat kandasnya kapal/tongkang. Kajian ini setidaknya menunjukkan bahwa potensi kehilangan jasa ekosistem terumbu karang dapat dihitung untuk menjadi masukan dalam menentukan nilai kerugian lingkungan hidup yang diakibatkan oleh kandas kapal/tongkang di wilayah pesisir dan laut.

**KATA KUNCI:** Valuasi ekonomi, ekonomi kerusakan, ekonomi kehilangan, ganti kerugian, kesejahteraan

**ABSTRACT.** Excessive use of coral reef ecosystems will cause the loss of a service and function of the ecosystem. The aim of this research was to examine the potential value of lost ecosystem services of Pari Island's coral reefs. The value of lost ecosystem services is calculated using a combination of economic valuation techniques, including EOP, TCM, CVM, and BTM. The results of the study show that the ecosystem services of Pari Island's coral reefs reach Rp. 832,399.19 per square meter per year. This value consists of the climate regulation service value of Rp. 2,292.88, disturbance management services (biotic-abiotic) Rp. 32,972.45, abrasion management services of Rp. 295,708.12, habitat support services for breeding development, care and nutrient supply of Rp. 35,609.91, food supply/production services in the form of consumption fish of Rp. 18,870.93, services for providing building materials amounting to Rp. 42,460.73, genetic resource provider services Rp. 64,139.12, tour/recreation service providers Rp. 301,570.41 and cultural service providers Rp. 38,774.64. The total value of these ecosystem services is the potential value of lost ecosystem services for the coral reefs of Pari Island which were damaged by the ship/barge grounding. This study at least shows that the potential loss of coral reef ecosystem services can be calculated as input in determining the value of environmental losses caused by ship/barge grounding in coastal and marine areas.

**KEYWORDS:** economic valuation, economic damage, economic loss, compensation, welfare

## I. Pendahuluan

Manusia mempunyai ketergantungan yang tinggi pada ekosistem sumberdaya alam dan lingkungan (Wahyudin, 2017). Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa tekanan terhadap sumberdaya dan lingkungan semakin tinggi seiring pola konsumsi dan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat (Kusumastanto dan Wahyudin, 2012). Selain itu, aktivitas kelautan berpotensi memberikan dampak terhadap terjadinya degradasi lingkungan bilamana tidak disiapkan upaya mitigasinya. Aktivitas kelautan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati yang diantaranya dapat terjadi akibat banyaknya aktivitas *illegal-logging*, *illegal-fishing*, konflik sosial, kerusakan ekosistem, pemboman ikan, pencemaran, kapal/tongkang kandas, dan sebagainya yang pada gilirannya memberikan tekanan yang semakin tinggi terhadap ekosistem pesisir dan laut (Arkham *et al.*, 2018).

Ekosistem dapat mengalami ancaman akibat adanya pemanfaatan yang berlebih serta banyaknya limbah domestik yang dari waktu ke waktu mengalami peningkatan sehingga menyebabkan kemampuan ekosistem untuk menyerap dan memurnikan limbah menjadi terganggu (Kesewo *et al.* 2019). Kemampuan ekosistem ini dapat menjadi hilang bilamana terjadi kerusakan akibat aktivitas kelautan yang berlebihan, sehingga jasa-jasa ekosistem seperti *provisioning/production services*, *regulating services*, *supporting/habitat services* dan *cultural/information services* dapat berhenti disediakan oleh ekosistem terdampak (Costanza *et al.*, 1997; de Groot *et al.*, 2002; Costanza *et al.*, 2014; Wahyudin *et al.*, 2016; Wahyudin *et al.*, 2018).

Sektor perikanan, pariwisata, dan transportasi laut di Kepulauan Seribu, termasuk Pulau Pari saat ini merupakan primadona sektor kelautan yang sedang digalakkan di wilayah ini. Kehadiran tiga sub-sektor ini telah membuka peluang ekonomi baru yang berkembang dan memberikan efek-ganda bagi perekonomian daerah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu khususnya dan DKI Jakarta pada umumnya. Salah satu modal sumberdaya dari sektor kelautan ini adalah keberadaan ekosistem pesisir dan laut, diantaranya ekosistem terumbu karang. Keberadaan ekosistem terumbu karang di perairan Kepulauan Seribu telah membawa manfaat signifikan bagi masyarakat Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, termasuk Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan khususnya yang berada di lokasi kajian, yaitu Pulau Pari. Ekosistem terumbu karang telah menjadi daerah tangkapan nelayan sekaligus juga sebagai daerah wisata snorkeling dan penyelaman. Kedua aktivitas ini tentu saja membuka peluang potensi perekonomian bagi nelayan dan masyarakat pesisir dan pada gilirannya mampu berkontribusi pada pendapatan regional Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu khususnya dan DKI Jakarta pada umumnya.

Pada tahun 2018, sempat terjadi insiden kapal kandas di sekitar perairan Pulau Pari. Perairan Pulau Pari yang menjadi pusat lokasi terjadi insiden merupakan salah satu daerah tangkapan yang cukup diminati nelayan dan menjadi salah satu daya tarik penyelaman pada waktu-waktu tertentu, terutama di musim Barat. Insiden kandasnya kapal di Perairan Timur Pulau Pari, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta ini telah menimbulkan kerusakan ekosistem terumbu karang yang merugikan lingkungan hidup. Kendati luasan area ekosistem terumbu karang yang terdampak hanyalah mencapai 440,50 meter persegi, namun demikian tetap memberikan dampak bagi daerah setempat khususnya dan pada umumnya Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu dan Provinsi DKI Jakarta.

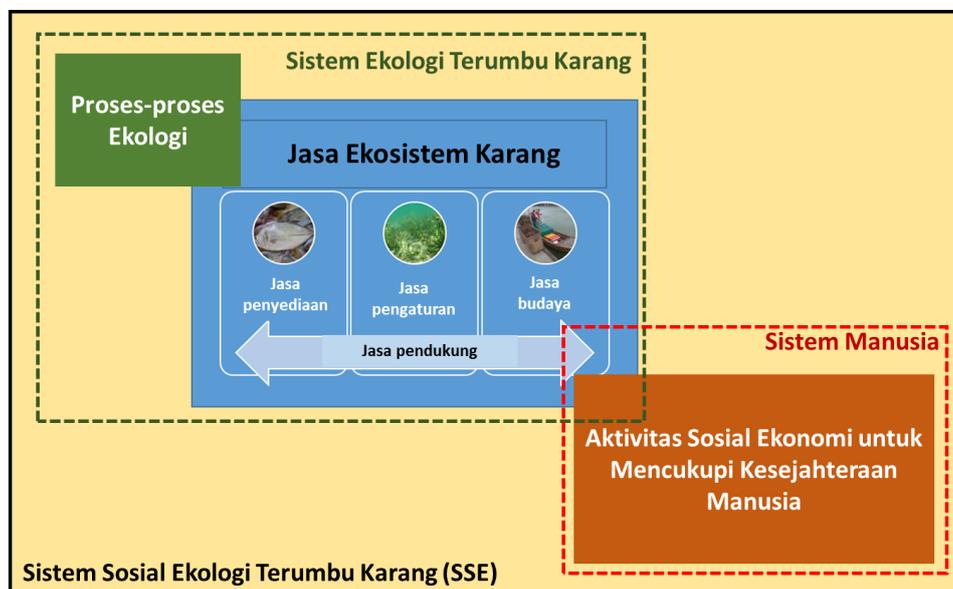
Insiden ini telah memberikan dampak hilangnya jasa ekosistem yang mampu disediakan oleh ekosistem terumbu karang. Insiden ini juga berdampak langsung terhadap hilangnya kesempatan nelayan untuk memperoleh hasil tangkapan di sekitar lokasi, sehingga mereka harus mencari *fishing ground* lain untuk menangkap ikan dan hal ini tentu saja mempengaruhi biaya ekstraksi (operasional) nelayan. Dampak lainnya tentu saja terkait dengan biaya pemulihan ekosistem terumbu karang yang sudah puluhan atau ratusan tahun berada di lokasi, disamping adanya biaya konsekuensi yang harus dikeluarkan untuk upaya respon terhadap kerusakan ini. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan secara sigap hadir untuk memberikan jaminan penanggulangan dan penyelesaian sengketa lingkungan hidup itu.

Kehadiran KLHK menjadi penting untuk memperhitungkan segenap kerugian yang ditimbulkan oleh adanya insiden tersebut, sehingga diperoleh gambaran detail seberapa besar klaim kerugian yang harus dibebankan kepada pemilik kapal yang kandas di atas ekosistem terumbu karang tersebut. Penelitian ini setidaknya memberikan gambaran detail bagaimana penerapan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2014 khususnya untuk potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang dapat dijalankan sesuai dengan karakteristik masing-masing insiden yang menimbulkan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari. Dalam hal ini, diharapkan dapat diperoleh seberapa besar potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang yang ditimbulkan oleh kandasnya kapal tersebut.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Kerangka Pendekatan Penelitian

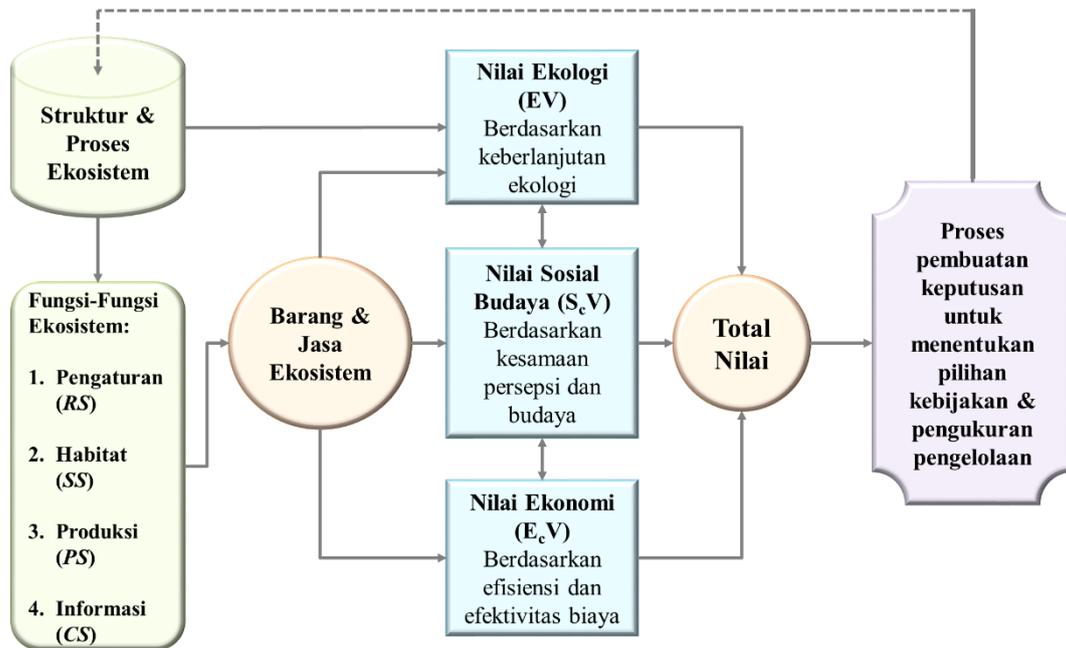
Kerangka pendekatan penelitian klaim ganti rugi ini setidaknya mengikuti pola berpikir sistem sosial ekologi (SSE) terumbu karang. Terumbu karang sebagai sebuah ekosistem bekerja secara alami melakukan proses-proses ekologi yang dapat mendukung hadirnya jasa ekosistem, baik jasa produksi, pengaturan, budaya dan habitat yang sangat diperlukan sebagai media atau sumber kehidupan dan penghidupan manusia untuk memenuhi kesejahteraan hidupnya. Secara diagram SSE terumbu karang dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini.



(Diadopsi dari Gilbert & Janssen, 1998)

**Gambar 1. Kerangka Sistem Sosial Ekologi (SSE) Terumbu Karang.**

Kerangka SSE terumbu karang ini secara langsung dan tidak langsung mampu memberikan informasi detail tentang bagaimana ekonomi sumberdaya alam dan lingkungan bekerja untuk menunjukkan adanya manfaat nilai jasa ekosistem yang besar bagi kesejahteraan manusia. Nilai jasa ekosistem ini dapat didekati dengan mengukur nilai ekologis, sosial-budaya dan ekonominya. Dalam konteks ini, de Groot *et al.* (2002) membuat suatu diagram yang menunjukkan bagan alir penilaian jasa ekosistem.



(Diadopsi dari de Groot *et al.*, 2002; Wahyudin, 2017)

**Gambar 2. Diagram Alir Penilaian Jasa Ekosistem.**

## 2.2 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah studi kasus, dengan mengambil lokasi di Pulau Pari, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Penggunaan metode studi kasus dalam penelitian ini dipilih sebagai upaya untuk melakukan observasi secara lebih detail mengenai beberapa fenomena yang menjadi ruang lingkup penelitian ini. Studi kasus sangat berguna sebagai metode untuk mengungkap, mengeksplor dan mengkaji serta mengukur beberapa instrumen yang dapat menguatkan kesimpulan dan rekomendasi penelitian lebih besar di masa mendatang.

## 2.3 Pengumpulan Data

Pelaksanaan survei data dan informasi untuk mendukung proses perhitungan nilai ganti rugi kerusakan ekosistem terumbu karang di beberapa daerah konsentrasi nelayan, yaitu di sekitar pemukiman nelayan dan sekitar kawasan wisata yang ditujukan kepada nelayan-nelayan yang beroperasi di perairan sekitar lokasi kejadian. Data primer hasil wawancara yang diperoleh dari survei lapangan ditabulasi, dikodifikasi dan diverifikasi dalam workshop data dan analisis hasil lapangan sebelum dilakukan analisis data. Penggunaan teknik valuasi ekonomi yang dilakukan dalam studi ini sangat tergantung pada jenis ekosistem yang dinilai.

Pelaksanaan survei data dan informasi juga dilakukan di daerah wisata sekitar kejadian untuk melihat gambaran wisata snorkeling dan selam untuk menikmati atraksi ekosistem terumbu karang dan akan menjadi nilai pembanding yang lebih dekat dan signifikan bagi nilai wisata suatu kawasan wisata berbasis ekosistem terumbu karang.

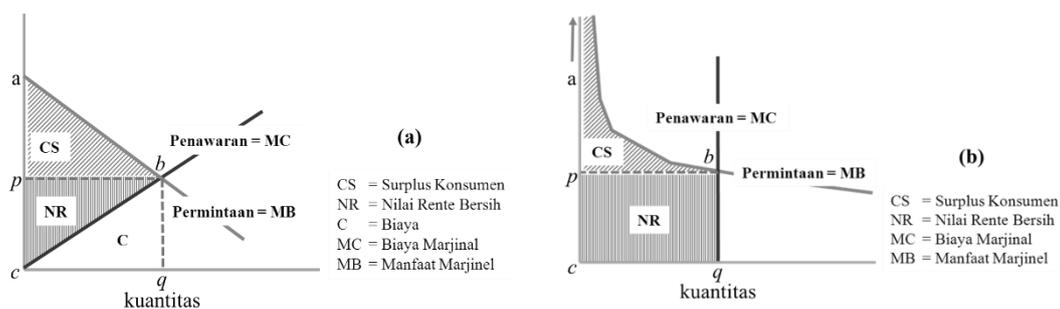
## 2.4 Analisis Data

Analisis data dan informasi dilakukan dengan menggunakan teknik valuasi ekonomi jasa ekosistem terumbu karang. Valuasi ekonomi jasa ekosistem didekati dengan menggunakan pendekatan nilai ekonomi total jasa ekosistem berdasarkan pendekatan de Groot *et al.* (2002) yang menyebutkan bahwa nilai total jasa ekosistem terdiri atas (i) nilai ekologis, (ii) nilai sosial-budaya, dan (iii) nilai ekonomi. Secara matematis dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$TEV = EcologicalValue + SocioculturalValue + EconomicVdue \dots\dots\dots (1)$$

Beberapa teknik analisis yang digunakan dalam penilaian ekonomi jasa ekosistem terumbu karang ini diantaranya adalah: Effect on productivity (EOP), Contingent valuation method (CVM), Travel cost method (TCM), dan Benefit transfer method (BTM).

Teknik EOP dan TCM dilakukan dengan menggunakan pendekatan pasar yang bertumpu pada kuantitas produk yang dihasilkan (EOP) atau frekuensi kunjungan (TCM) serta harga produk (EOP) dan biaya perjalanan (TCM), sedangkan variabel lainnya hanya sebagai pendukung perhitungan yang menunjukkan karakteristik responden di dalam mengetahui, memahami dan atau menikmati produk (EOP) dan jasa (TCM) dari ekosistem terumbu karang (Wahyudin & Mahipal, 2020; Wahyudin, 2020). Kedua metode ini menggunakan pendekatan penilaian utilitas dan nilainya berbasis kepada barang yang termasuk ke dalam barang tidak normal (Costanza et al, 1997; Wahyudin, 2017). **Gambar 3** berikut ini menyajikan kerangka penilaian ekonomi jasa ekosistem berbasis utilitas dari kurva permintaan dan penawaran untuk barang normal dan barang tidak normal.



(Sumber: Costanza et al, 1997; Wahyudin, 2017)

**Gambar 3. Kerangka Penilaian Ekonomi Jasa Ekosistem Berbasis Kurva Permintaan dan Penawaran (a) Untuk Barang Normal; (b) Untuk Barang Tidak Normal.**

Nilai utilitas yang merupakan nilai ekonomi jasa ekosistem berbasis teknik penilaian EOP dan TCM dihitung dengan menggunakan rumus-rumus seperti ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut ini.

**Tabel 1. Nilai Utilitas Jasa Ekosistem Berbasis Penilaian Teknik TCM dan Teknik EOP.**

	Teknik TCM	Teknik EOP
Linear	$U_{TCM} = \frac{1}{2b} \bar{V}^2 - \frac{a}{b} \bar{V}$	$U^{EOP} = \frac{1}{2b} \bar{Q}^2 - \frac{a}{b} \bar{Q}$
Non-Linear	$U_{TCM} = \frac{1}{a^{\frac{1}{b}} \left( \frac{1}{b} + 1 \right)} \bar{V}^{\left( \frac{1}{b} + 1 \right)}$	$U^{EOP} = \frac{1}{a^{\frac{1}{b}} \left( \frac{1}{b} + 1 \right)} \bar{Q}^{\left( \frac{1}{b} + 1 \right)}$
Total Benefit	$TB_{TCM} = U_{TCM} P_v$	$TB^{EOP} = U^{EOP} P_Q$
TB per hektar per tahun	$TB_{ha/th}^{TCM} = \frac{U_{TCM} P_v}{L}$	$TB_{ha/th}^{EOP} = \frac{U^{EOP} P_Q}{L}$

Sumber: Wahyudin (2019).

Keterangan:

- $U_{TCM}^{EOP}$  adalah nilai utilitas dari barang dan jasa yang disediakan dan atau dihadirkan oleh ekosistem
- $\bar{V}$  adalah frekuensi rata-rata pengunjung datang ke lokasi berbasis ekosistem yang dinilai selama setahun
- $\bar{Q}$  adalah kuantitas rata-rata yang diperoleh pemanfaat produk yang dihasilkan/disediakan ekosistem selama setahun

$TB_{TCM}^{EOP}$	adalah total benefit dari barang dan jasa yang disediakan dan atau dihadirkan oleh ekosistem
$P_V^Q$	adalah jumlah populasi seluruh pemanfaat produk yang dihasilkan ekosistem atau jumlah populasi total pengunjung yang datang ke lokasi studi selama setahun
$TB_{ha/th}^{EOP-TCM}$	adalah nilai manfaat jasa ekosistem yang dihitung per hektar per tahun
$L$	adalah luas sumberdaya alam dan lingkungan yang dinilai.

Adapun untuk perhitungan dengan menggunakan teknik CVM, nilai manfaat ekosistem dihitung dengan menggunakan rumus seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Nilai Utilitas Jasa Ekosistem Berbasis Penilaian Dengan Teknik CVM.**

Teknik CVM	
Nilai WTP rata-rata individu	$MWTP = \frac{\sum_{i=1}^n WTP_i}{n}$
Total Benefit	$TB_{CVM} = P_{WTP} MWTP$
TB per hektar per tahun	$TB_{ha/th}^{CVM} = \frac{P_{WTP} MWTP}{L}$

Sumber: Wahyudin (2019).

Keterangan:

$MWTP$	adalah rata-rata nilai kesediaan membayar (WTP, willingness to pay) dari responden terhadap barang dan jasa yang disediakan dan atau dihadirkan oleh ekosistem
$TB_{CVM}$	adalah nilai total manfaat jasa ekosistem yang dihitung
$P_{WTP}$	adalah jumlah populasi seluruh penduduk yang berada di sekitar lokasi studi
$TB_{ha/th}^{CVM}$	adalah nilai total manfaat jasa ekosistem yang dihitung per hektar per tahun
$L$	adalah luas sumberdaya alam dan lingkungan yang dinilai.

Perhitungan nilai benefit yang dapat disediakan oleh suatu ekosistem berbasis teknik BTM dilakukan dengan menggunakan rumus seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Perhitungan Nilai Ekonomi Jasa Ekosistem Dengan Menggunakan Teknik BTM.**

Teknik BTM	
Nilai Benefit Internasional	$BTM_t = BV_i \frac{PPP_{INA}}{PPP_i} \frac{PDB_{INA}}{PDB_t} \frac{\overline{PDRB}_t^{PROV}}{\overline{PDB}_t^{INA}}$
Nilai Benefit Lokal/Domestik	$BTM_t = BV_d \frac{\overline{PDRB}_t^k}{\overline{PDRB}_t^d}$

Sumber: Wahyudin (2019).

Keterangan:

$BTM_t$	adalah nilai manfaat jasa ekosistem di lokasi pada tahun ke-t
$BV_d^i$	adalah nilai manfaat produk atau jasa yang disediakan ekosistem dengan basis nilai internasional (i) atau nilai domestik (d)
$PPP_i$	adalah nilai <i>purchasing power parity</i> dunia pada tahun tertentu
$PPP_{INA}$	adalah nilai <i>purchasing power parity</i> Indonesia pada tahun tertentu
$PDB_{INA}^{INA}$	adalah nilai produk domestik bruto Indonesia pada tahun <i>purchasing power parity</i> dikeluarkan

$PDB_t^{INA}$	adalah nilai produk domestik bruto Indonesia pada tahun ke-t
$\overline{PDRB}_t^{PROV}$	adalah nilai produk domestik regional bruto per kapita provinsi studi pada tahun ke-t
$\overline{PDB}_t^{INA}$	adalah nilai produk domestik bruto per kapita Indonesia pada tahun ke-t
$\overline{PDRB}_t^k$	adalah nilai produk domestik bruto per kapita daerah studi pada tahun ke-t
$\overline{PDRB}_t^d$	adalah nilai produk domestik bruto per kapita daerah yang nilainya digunakan sebagai nilai transfer manfaat jasa ekosistem pada tahun ke-t

### 3. Hasil dan Pembahasan

Costanza *et al.* (1997) membagi jasa ekosistem ke dalam 17 barang dan jasa, de Groot *et al.* (2002) membagi jasa ekosistem menjadi 23 jenis barang dan jasa, sedangkan berdasarkan Millenium Ecosystem Assessment - MEA (2003), jasa ekosistem diderivasi menjadi 31 jenis barang dan jasa. Adapun United Nation for Environmental Program (UNEP, 2008) dan Costanza *et al.* (2014) menggunakan 17 jenis barang dan jasa untuk menunjukkan total jasa ekosistem yang dapat diklasifikasikan. Tidak semua jenis jasa yang diderivasi baik oleh Costanza *et al.*, de Groot *et al.*, maupun MEA dan UNEP yang mampu disediakan oleh ekosistem terumbu karang secara totalitas dan tan tidak semua jenis jasa yang mampu disediakan ekosistem terumbu karang mampu dihitung secara langsung dengan beberapa teknik valuasi yang umum dan telah disepakati secara global, setidaknya hingga saat ini, karena bisa jadi jenis barang dan jasa yang diklasifikasi tersebut dapat ditentukan seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam penelitian ini, penentuan nilai jasa ekosistem, merupakan gabungan dari beberapa teknik penilaian termasuk di dalamnya menggunakan teknik benefit transfer. Ekosistem terumbu karang yang dijadikan referensi untuk kegiatan perhitungan yang telah dijustifikasi dengan nilai untuk Pulau Pari Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta.

#### 3.1 Jasa Pengaturan

Jasa pengaturan adalah manfaat yang diperoleh dari proses pengaturan yang dapat dilakukan oleh suatu ekosistem (UNEP, 2008; de Groot *et al.*, 2002; Costanza *et al.*, 1997). Kehilangan fungsi ekosistem terumbu karang sebagai pengatur proses-proses ekologi dan biofisik ini di tempat kejadian perkara dapat menyebabkan hilangnya manfaat pengaturan iklim (*climate regulation*), hilangnya manfaat pengaturan gangguan (*disturbance regulation*) dan hilangnya fungsi pengendali abrasi pantai (*abrasion*).

##### 3.1.1 Pengaturan iklim (*climate regulation*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai pengaturan iklim didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza *et al.* (2014), nilai manfaat pengaturan iklim ini dapat mencapai sebesar USD 1.188 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan memperbandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022 menjadi sebesar USD 1.528,59 atau sebesar Rp. 22.928.800,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi pengaturan sebagai penyedia jasa pengaturan iklim sebesar Rp. 2.292,88 per meter persegi per tahun.

### 3.12 Pengaturan gangguan (*disturbance regulation*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia bahan baku didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza *et al.* (2014), nilai manfaat pengaturan gangguan ini dapat mencapai sebesar USD 16.991 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan membandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022 menjadi sebesar USD 21.981,63 atau sebesar Rp. 329.724.500,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi pengaturan sebagai penyedia jasa pengaturan gangguan sebesar Rp. 32.972,45 per meter persegi per tahun.

### 3.1.3 Pengendali abrasi pantai (*abrasion*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia bahan baku didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza *et al.* (2014), nilai manfaat pengendali abrasi pantai dapat mencapai sebesar USD 153.214 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan membandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022 menjadi sebesar USD 197.138,75 atau sebesar Rp. 2.957.081.200,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi pengaturan sebagai penyedia jasa pengendali abrasi pantai sebesar Rp. 295.708,12 per meter persegi per tahun.

### 3.2 Jasa Habitat/Pendukung

Jasa pendukung adalah semua layanan yang diperlukan untuk produksi semua jasa ekosistem lainnya (UNEP, 2008; de Groot *et al.*, 2002; Costanza *et al.*, 1997). Kehilangan fungsi ekosistem terumbu karang sebagai pendukung bagi jasa ekosistem produksi, pengaturan dan budaya dapat menyebabkan keseluruhan jasa menjadi terganggu. Keberadaan ekosistem terumbu karang, merupakan habitat bagi berbagai jenis biota laut yang menjadi daerah tersebut sebagai tempat mencari makan, tempat berkembang biak dan sebagai daerah asuhan.

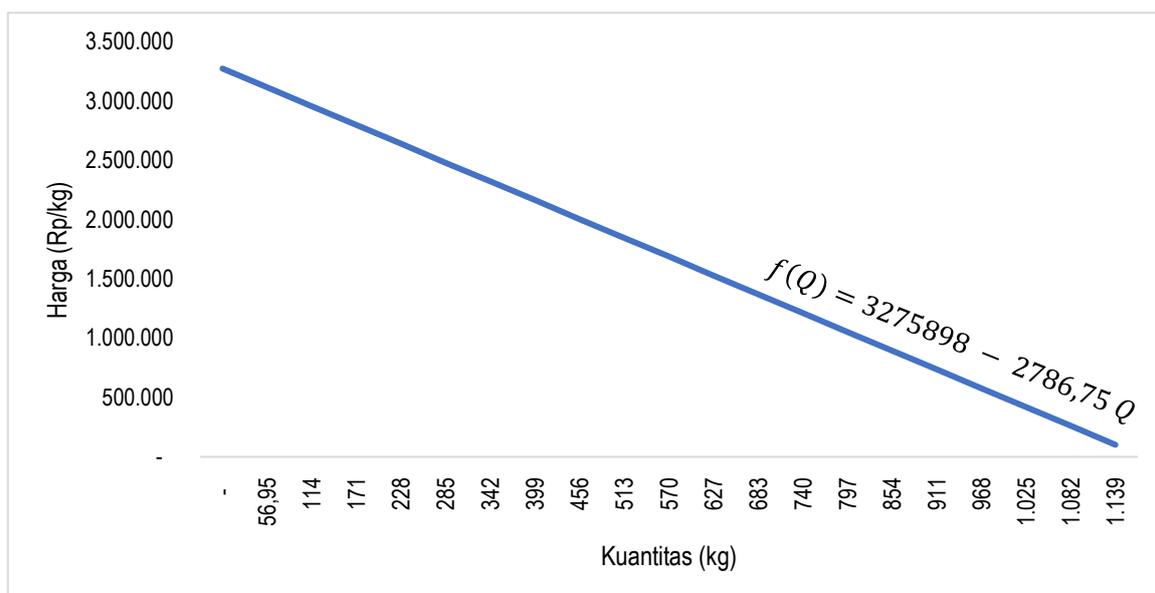
Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai habitat didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza *et al.* (2014), nilai manfaat habitat dapat mencapai sebesar USD 16.210 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan membandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022 menjadi sebesar USD 23.739,94 atau sebesar Rp. 356.099.100,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi pendukung/habitat sebagai daerah berkembang biak, asuhan dan suplai nutrisi sebesar Rp. 35.609,91 per meter persegi per tahun.

### 3.3 Jasa Produksi/Penyediaan

Jasa penyediaan adalah produk yang diperoleh dari ekosistem, termasuk: makanan, bahan baku, sumberdaya genetik, sumber biokimia, sumberdaya hiasan, dan sumber biodiversitas (UNEP, 2008; de Groot et al., 2002; Costanza et al., 1997). Kehilangan fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia jasa ini di tempat kejadian perkara dapat menyebabkan hilangnya produk makanan (*food production*) berupa ikan dan biota laut lainnya yang berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang, bahan baku (*raw materials*) dan sumber genetic (*genetic resources*).

#### 3.3.1 Penyedia makanan (*food production*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia ikan dan biota laut yang berinteraksi di dalamnya didekati dengan menggunakan metode *effect on production* (EOP). Metode ini dilakukan dengan pendekatan survei terhadap nelayan yang melakukan penangkapan ikan di sekitar ekosistem terumbu karang dan hasilnya menunjukkan fungsi permintaan ( $f(Q)=3275898-2786,75Q$ ) terhadap produk yang menggambarkan besaran manfaat yang hilang akibat kerusakan yang ditimbulkan.



**Gambar 4. Kurva Permintaan Penyediaan Makanan (Ikan Konsumsi) dari Ekosistem Terumbu Karang.**

Total manfaat dari jasa ini dihitung dengan menggunakan formula  $TB = \int_0^{1139} f(Q)dQ$ , sehingga dihasilkan nilai sebesar Rp. 188.709.300,00 per hektar ekosistem terumbu karang per tahun. Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi penyediaan/produksi sebagai suplai makanan (ikan konsumsi) mencapai sebesar Rp. 18.870,93 per meter persegi per tahun.

#### 3.3.2 Penyedia bahan baku (*raw materials*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia bahan baku didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza et al. (2014), nilai manfaat penyediaan bahan baku dapat mencapai sebesar USD 22.000 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan memperbandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022

menjadi sebesar USD 28.307,15 atau sebesar Rp. 424.607.300,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi penyediaan/produksi sebagai jasa penyedia bahan baku mencapai sebesar Rp. 42.460,73 per meter persegi per tahun.

### 3.3.3 Penyedia sumberdaya genetik (*genetic resources*)

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia sumberdaya genetik didekati dengan menggunakan analisis *benefit transfer method* (BTM). Metode ini dilakukan dengan mengambil nilai manfaat ekosistem dari tempat lain untuk menjadi nilai fungsi di wilayah studi. Berdasarkan Costanza *et al.* (2014), nilai manfaat penyediaan bahan baku dapat mencapai sebesar USD 33.048 per hektar per tahun. Untuk menjadi nilai ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka perlu dilakukan justifikasi nilai dengan membandingkan nilai PPP (*purchasing power parity*) Indonesia dan rata-rata dunia serta adanya nilai uang terhadap waktu dengan memperhitungkan tingkat diskon tahunan untuk sumberdaya alam sebesar 4,04 persen (Wahyudin, 2005). Nilai rasio koefisien PPP Indonesia dan PPP rata-rata dunia tahun 2014 adalah sebesar 0,64, sehingga nilai transfer manfaat jasa ekosistem terumbu karang ini pada tahun 2022 menjadi sebesar USD 42.759,41 atau sebesar Rp. 641.391.200,00 per hektar per tahun (Rp 15.000/USD). Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi penyediaan/produksi sebagai jasa penyedia sumberdaya genetik mencapai sebesar Rp. 64.139,12 per meter persegi per tahun.

## 3.4 Jasa Informasi/Budaya

Jasa budaya adalah manfaat nonmaterial yang diperoleh manusia dari ekosistem melalui pengayaan spiritual, perkembangan kognitif, refleksi, rekreasi, dan pengalaman estetika (UNEP, 2008; de Groot *et al.*, 2002; Costanza *et al.*, 1997). Kehilangan fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia jasa ini di tempat kejadian perkara dapat menyebabkan kesempatan memperoleh manfaat jasa tersebut. Manfaat jasa dari komponen ini diantaranya adalah manfaat budaya dan rekreasi.

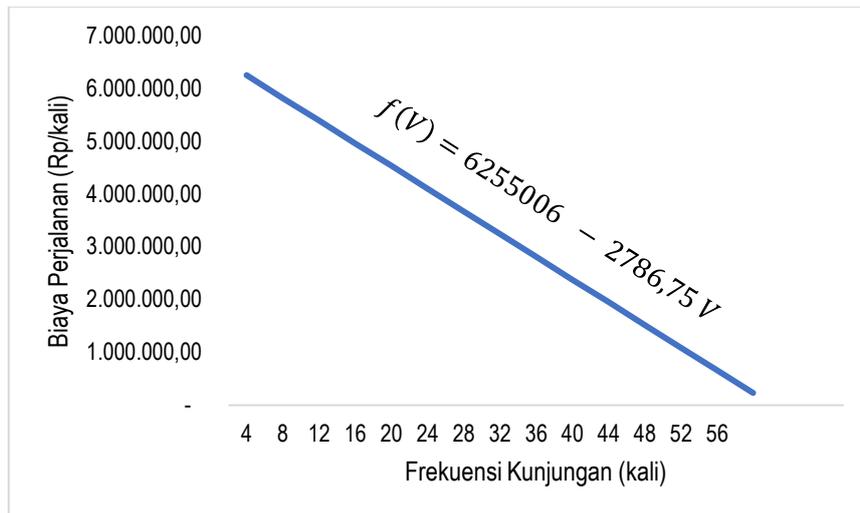
### 3.4.1 Manfaat budaya

Fungsi ekosistem terumbu karang yang memberikan manfaat budaya berupa nilai keberadaan ekosistem ini di lokasi studi didekati dengan menggunakan metode *contingent valuation method* (CVM). Metode ini dilakukan dengan pendekatan survei kesediaan untuk membayar keberadaan ekosistem terumbu karang yang ditanyakan kepada representasi (responden) penduduk, nelayan, dan para penyedia jasa yang terdapat di sekitar lokasi studi dan sekitarnya yang mendapatkan manfaat keberadaan ekosistem terumbu karang.

Hasil analisis data survei menyatakan bahwa rata-rata kesediaan membayar responden yang merupakan representasi dari populasi penerima manfaat keberadaan ekosistem terumbu karang di lokasi studi adalah sebesar Rp. 1.524.194,38 per individu per tahun atau mencapai sebesar Rp. 387.746.400,00 per hektar per tahun. Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi budaya/informasi sebagai jasa budaya mencapai sebesar Rp. 38.774,64 per meter persegi per tahun.

### 3.4.2 Manfaat rekreasi

Fungsi ekosistem terumbu karang sebagai penyedia manfaat rekreasi ini didekati dengan menggunakan analisis *travel cost method* (TCM). Metode ini dilakukan dengan pendekatan survei terhadap pengunjung yang melakukan kegiatan wisata di sekitar keberadaan ekosistem terumbu karang dan hasilnya menunjukkan fungsi permintaan ( $f(V)=6255006 - 2786,75 V$ ) terhadap lokasi wisata berbasis keberadaan ekosistem terumbu karang yang menggambarkan besaran manfaat yang hilang akibat kerusakan yang ditimbulkan.

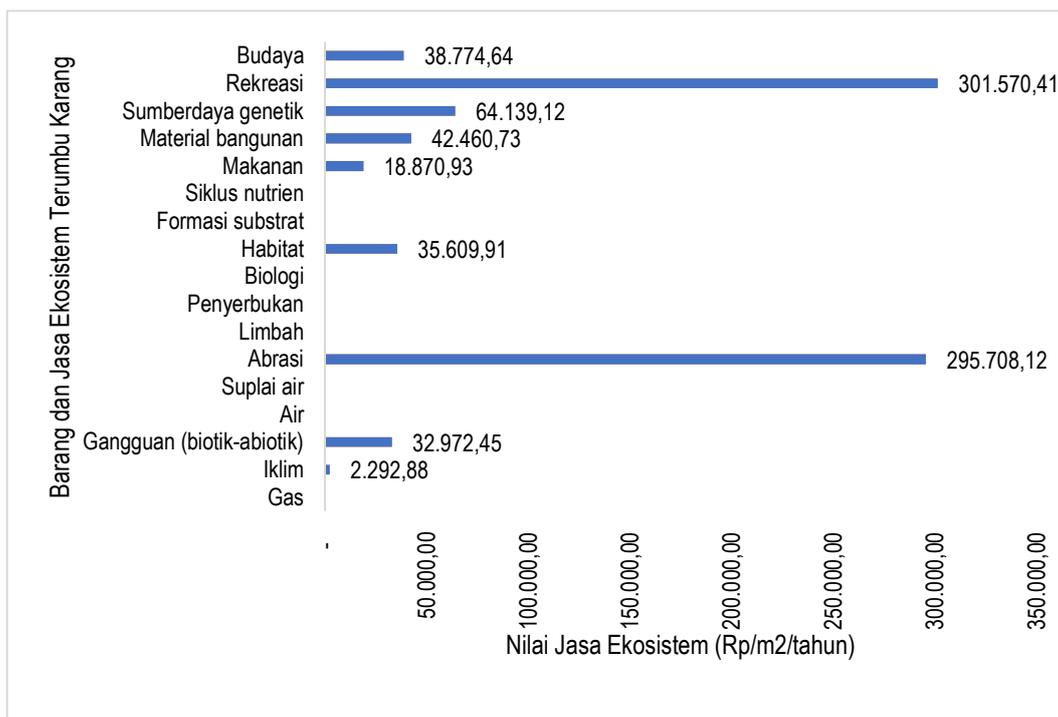


**Gambar 5. Kurva Permintaan Wisata Dari Ekosistem Terumbu Karang.**

Total manfaat dari jasa ini dihitung dengan menggunakan formula  $TB = \int_0^{52} f(V)dV$ , sehingga dihasilkan nilai sebesar Rp 141.839.782,98 per individu per tahun atau sebesar Rp. 3.015.704.100,00 per hektar ekosistem terumbu karang per tahun. Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang untuk fungsi budaya/informasi sebagai jasa rekreasi mencapai sebesar Rp. 301.570,41 per meter persegi per tahun.

**3.5 Nilai Ekonomi Jasa Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Pari**

Berdasarkan hasil perhitungan sebagaimana dijelaskan, maka nilai jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari tercatat sebesar Rp. 832.399,19 per meter persegi per tahun. Gambar 6 berikut ini menyajikan ringkasan hasil penilaian jasa ekosistem.



**Gambar 6. Nilai Jasa Ekosistem Terumbu Karang (Rp/m2/tahun).**

Costanza *et al.* (1997) menyatakan bahwa nilai jasa ekosistem yang dapat dihitung dapat dianggap sebagai nilai minimum, dikarenakan teknik perhitungan yang digunakan masih terbatas, sehingga

perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perhitungan diperkirakan berubah seiring waktu dan tempat. Oleh karena itu, berdasarkan hasil perhitungan sebagaimana disebutkan pada Gambar 6, maka potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang Pulau minimal sebesar Rp. 832.399,19 per meter persegi per tahun.

### 3.6 Potensi Kehilangan Nilai Ekonomi dan Mitigasinya

Potensi nilai kehilangan jasa ekosistem ini seyogianya harus diantisipasi dengan adanya upaya pemulihan jasa ekosistem agar ekosistem yang rusak akibat kandasnya kapal/tongkang dapat dipulihkan fungsinya. Upaya pemulihan jasa ekosistem terumbu karang ini dibutuhkan untuk mempercepat proses pengembalian kehadiran fungsi dan jasa ekosistem terumbu karang sehingga minimal dapat mendekati kondisi awal sebelum terjadinya kerusakan. Terumbu karang sendiri mempunyai umur yang relatif tua bahkan untuk mencapai kondisi terbaik membutuhkan waktu ratusan bahkan ribuan tahun. Hasil yang diharapkan dari kegiatan ini adalah terpulihkannya kerusakan terumbu karang yang tepat sesuai karakteristik kerusakan lingkungan yang terjadi. Rangkaian kegiatan pemulihan ini biasanya meliputi berbagai kegiatan, diantaranya adalah:

- (i) Identifikasi kerusakan ekosistem pesisir (terumbu karang) yang terjadi
- (ii) Koordinasi dengan pemerintah dan kelompok masyarakat peduli lingkungan.
- (iii) Pemulihan kerusakan terumbu karang
- (iv) Pelaksanaan kegiatan rehabilitasi / penanaman terumbu karang
- (v) Pemantauan pelaksanaan kegiatan.

Keberhasilan pemulihan kerusakan ekosistem terumbu karang akan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terkait, diantaranya : pemerintah daerah, masyarakat setempat dan pengunjung kawasan. Metode yang dapat digunakan dalam upaya pemulihan kerusakan ekosistem pesisir terumbu karang diantaranya adalah dengan penanaman dan transplantasi melalui penggunaan kerangka besi dan jaring sebagai tempat substrat serta dilakukan dengan melibatkan masyarakat setempat. Selain kegiatan pelaksanaan restorasi, juga dilakukan monitoring sekaligus tambal sulam transplantasi yang dilakukan selama masa pertumbuhan yang pada umumnya membutuhkan waktu selama 10-15 tahun. Adapun segenap kegiatan tersebut tentunya memerlukan pembiayaan yang tidak sedikit dan memerlukan upaya yang tidak gampang.

Biaya pemulihan (restorasi) dihitung dengan melakukan identifikasi terhadap keseluruhan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan transplantasi karang, mulai dari persiapan bahan dan SDM, pembuatan modul transplan, mobilisasi modul dan SDM, penurunan modul, penyelaman untuk penataan modul, pencarian dan transplan donor, monitoring awal, penyulaman dan monitoring pertumbuhan, dan seterusnya hingga ekosistem terumbu karang kembali seperti sedia kala. Beberapa literatur menunjukkan bahwa biaya pemulihan (restorasi) terumbu karang yang rusak sangat bervariasi. Beberapa nilai restorasi dalam kurun waktu tahun 2000-2014 berdasarkan hasil penulisan referensi terkait berkisar antara Rp 854.663,63 – Rp 13.294.051,16 per meter persegi (Wahyudin, 2017).

Seperti telah disampaikan sebelumnya bahwa kerusakan terumbu karang dapat berdampak terhadap adanya kerugian/kehilangan fungsi ekologi, sosial dan ekonomi (Adrianto *et al.*, 2016). Demikian halnya dengan kerusakan ekosistem terumbu karang yang terjadi di perairan timur Pulau Pari Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta. Kehilangan/kerugian ekosistem ini menggunakan skenario minimal sebagaimana disebutkan Costanza *et al.* (1997), sehingga skenario potensi nilai kehilangan minimal ini menjadi lebih pantas untuk menggambarkan betapa besar nilai penting ekosistem terumbu karang Indonesia. Nilai ini masih di bawah klaim ganti rugi kasus di Florida Keys National Marine Sanctuary yang merupakan keputusan pengadilan atas kerusakan yang telah terjadi dan merupakan *willingness to pay* yang dipaksa untuk dibayarkan oleh pengadilan kepada perusak karang, yaitu sebesar USD 7490 per meter persegi.

Sebagai perbandingan lain dalam konteks kebijakan yang telah diterapkan oleh pemerintah negara bagian Mariana AS (Nineteenth Northern Marianas Commonwealth Legislature, 2016), kerugian kerusakan ekosistem yang dibebankan kepada perusak terdiri sekurang-kurangnya sebesar USD 1000

per meter persegi hingga maksimal sebesar USD 3000 per meter persegi. Berikut adalah aturan beban biaya pengganti kerusakan di Mariana, diantaranya terdiri atas:

- (i) Denda kerugian ekosistem terumbu karang sebesar USD 1000 per meter persegi
- (ii) Denda tambahan kerugian ekosistem terumbu karang akibat kerusakan yang bersifat masif atau lebih dari 100 meter persegi sebesar USD 1000 per meter persegi
- (iii) Denda tambahan bilamana ekosistem terumbu karang yang terdampak rusak adalah kawasan konservasi dan atau yang memiliki keunikan keanekaragaman hayati sebesar USD 1000 per meter persegi.

Sehingga nilai ganti rugi yang harus dibebankan kepada perusak terumbu karang mencapai USD 1000-3000 per meter persegi. Artinya dengan nilai ganti rugi yang diklaimkan untuk kerusakan terumbu karang di lokasi studi ini masih relevan, karena terumbu karang Indonesia memiliki keanekaragaman hayati dan kualitas yang jauh lebih baik dibandingkan dengan yang dimiliki oleh negara bagian tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Insiden kapal/tongkang yang kandas menimbulkan kerusakan ekosistem terumbu karang yang sangat merugikan. Kerugian ini berupa kehilangan jasa ekosistem terumbu karang. Penilaian kerugian ini dihitung dengan menggunakan metode valuasi ekonomi sumberdaya pesisir dan laut serta menggunakan kombinasi teknik perhitungannya. Hasil kajian menunjukkan bahwa nilai jasa ekosistem terumbu karang Pulau Pari mencapai sebesar Rp. 832.399,19 per meter persegi per tahun. Dengan demikian, potensi nilai kehilangan jasa ekosistem terumbu karang yang dapat dijadikan sebagai alat bukti dalam upaya tuntutan klaim ganti rugi sebaiknya diajukan adalah sebesar Rp. 832.399,19 per meter persegi per tahun. Nilai ini masih merupakan nilai minimal yang dapat diajukan berdasarkan hasil kajian ini. Oleh karena itu, kebijakan nasional disarankan tetap menggunakan angka minimal ini sebagai formal klaim yang diajukan kepada pihak yang melakukan kerusakan terumbu karang Pulau Pari.

#### Daftar Pustaka

- Arkham, M.N., Wahyudin, Y., Fahrudin, A., Rikardi, N., Rakasiwi, G., Pahlevi, M.R., & Trihandoyo, A. (2018). Identifikasi Isu dan Permasalahan Dalam Pembangunan Pesisir di Kawasan Teluk Lampung (Sebuah Pendekatan Sistem Sosial Ekologi). *Coastal and Ocean Journal*, Vol. 4, No.2: 57-68.
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P & van den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 : 253-260. <http://dx.doi.org/10.1038/387253a0>.
- Costanza, R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson SJ, Kubiszewski I, Farber S & Turner RK. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26 (2014) : 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R.M. (2002). A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecological Economics*, 41, 393-408.
- Gilbert, A. J., & Janssen, R. (1998). Use of environmental functions to communicate the values of a mangrove ecosystem under different management regimes. *Ecological economics*, 25(3), 323-346.
- <http://kursdollar.net>, diakses 26 Oktober 2022.
- In the House of Representatives. (2016). *Nineteenth Northern Marianas Commonwealth Legislature*. In The House Of Representatives July 6, 2016 Fifth Special Session, 2016 H. B. 19-179.
- Mahipal & Wahyudin, Y. (2019). Kajian Hukum Penerapan Penilaian Lingkungan Hidup di Wilayah Pesisir Indonesia. *Jurnal Cendekia Ihya*, 2 (1), 43-55. <https://ssrn.com/abstract=3432085>.

- Millenium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystem and Human Well Being - Framework for Assessment*. World Resources Institute. Washington: Island Inpress.
- Wahyudin, Y. (2020). Study Of Claims For Compensation Of Damage To Coral Reef Ecosystem Due To Vessel Grounded In The Waters Area Of Cilik Island, Karimunjawa Subdistrict, Jepara Regency, Central Java Province. *Indonesian Journal of Social Research (IJSR)*, 2(1), 111-118. <https://doi.org/10.30997/ijsr.v2i1.27>.
- Wahyudin, Y., Mahipal. (2020). Lesson learned on coral reef ecosystem services valuation damage due to vessel grounded in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 414(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/414/1/012030>.
- Wahyudin Y, Kusumastanto T, Adrianto L & Wardiatno Y. (2016). Jasa Ekosistem Lamun untuk Kesejahteraan Manusia. *Omni-Akuatika*, 12(3): 29-46. DOI:10.20884/1.OA.2016.12.3.122.
- Wahyudin Y, Kusumastanto T, Adrianto L, & Wardiatno Y. (2018). A Social-Ecological System of Recreational Fishing in the Seagrass Meadow Conservation Area on the East Coast of Bintan Island, Indonesia. *Ecological Economics*, 148: 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.013>.
- Wahyudin Y. (2005). Alokasi Optimum Sumberdaya Perikanan di Perairan Teluk Palabuhanratu. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wahyudin Y. (2017). Kajian Keterkaitan Sistem Sosial-Ekologi Lamun dalam Meningkatkan Nilai Ekonomi Sumberdaya Ikan di Wilayah Pesisir Timur Pulau Bintan. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.