

Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan kawasan ekosistem mangrove di pulau tanakeke kabupaten takalar

Auliansyah^{1*}, Tridoyo Kusumastanto², Agus Sadelie³, Yesi Aprianti⁴,
Andra Sulindrina⁵, Nurfadillah⁶

^{1,4,5}Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Mulawarman, Samarinda.

²Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB, Bogor

³Fakultas Ekonomi dan Manajemen Intitut Pertanian Bogor, Bogor.

⁶Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman, Samarinda

*¹Email: auliansyah@feb.unmul.ac.id; ²Email: prof.tridoyo@gmail.com; ³Email: agus.sadelie@apps.ipb.ac.id; ⁴Email: yesi.aprianti@feb.unmul.ac.id; ⁵Email: andra@feb.unmul.ac.id
⁶Email: nurfadillah214@gmail.com

Abstrak

Penebangan mangrove di Pulau Tanakeke menyebabkan penurunan luas ekosistem mangrove secara signifikan. Selama 41 tahun luas mangrove yang terdegradasi mencapai 1.545,55 ha atau 61,90% dari total 2.496.66 ha. Hasil analisis citra Landsat_TM perekaman bulan Juli 2017 menunjukkan mangrove yang tersisa mencapai 1.009,39 ha. Mangrove ditebang untuk bahan baku produksi Arang, kayu bakar, tiang jaring sero/jermal dan rumput laut, serta dialihfungsikan menjadi lahan tambak. Tujuan penelitian ini adalah menentukan nilai ekonomi ekosistem mangrove yang masih tersisa, manentukan dampak apa saja yang dirasakan oleh masyarakat akibat kerusakan ekosistem mangrove, mengestimasi kerugian ekonomi akibat kerusakan ekosistem mangrove serta menentukan alternatif kebijakan pengelolaan ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke. Penelitian ini menggunakan metode survei, pengambilan contoh dipilih secara purposive sampling. Analisis yang digunakan adalah formula nilai ekonomi total (total economic value/TEV), willingness to accept (WTA), dan analisis regresi logistik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai ekonomi total kawasan ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke dengan luas 1.009,39 ha adalah sebesar Rp. 211.994.227.103/thn atau Rp. 210.022.119/ha/thn. Estimasi nilai kerugian ekonomi total kawasan mangrove sebesar Rp. 15.894.750.000/thn.

Kata Kunci: Valuasi ekonomi; penilaian kerusakan; mangrove pulau tanakeke

Economic valuation and assessment of damage to mangrove ecosystems in tanakeke island takalar district

Abstract

Mangrove loggings in Tanakeke Island caused a significant decrease of mangrove ecosystem in that area. The degradation reached 1,545.55 ha or 61,90% of the total 2,496.66 ha in 41 years. Then the Landsat_TM image analysis results of July 2017 recording showed mangrove experienced widespread increase of 1,009.39 ha. This conversion was used as raw materials for home industry (charcoal, firewood, tidal trap and seaweed) and also converted into ponds. This study aims to assess the total economic potential of the remaining mangrove ecosystems, to predict the impacts of mangrove ecosystem damage on society, to investigate the economic loses, and to analyze alternative policies of mangrove ecosystem management in Tanakeke Island. This research uses survey method and data collection through purposive sampling. The analysis uses the total economic value (TEV) formula, willingness to accept (WTA), and logistic regression analysis. The results of this study indicate that the TEV of mangrove ecosystems area 1,009.39 ha in Tanakeke Island is Rp. 211,994,227,103/year or Rp. 210,022,119/ha/year. The estimated economic loses is Rp. Rp. 16,711,789/ha/year or 15,894,750,000/year.

Keywords: *Economic valuation; damage assessment; mangroves tanakeke island*

PENDAHULUAN

Luas mangrove Indonesia pada tahun 2012 mencapai 23.324 Km² atau 28,5 % dari seluruh total mangrove yang ada di dunia [1], [2]. Meskipun mewakili sebesar 28,5%, angka keterwakilan tersebut berpotensi terus mengalami penurunan. (Rizal et al. 2018) mengungkapkan bahwa mangrove di Indonesia terus mengalami penurunan, tahun 2010 luas mangrove mencapai 5.209.543,16 ha kemudian menurun menjadi 2.496.185 ha tahun 2016. Diperkirakan nilai ekonomi sumber daya mangrove berkisar US \$ 3.624,98 - US \$ 26.734,61 per ha per tahun.

Penurunan luas akibat kerusakan ekosistem mangrove terjadi hampir di seluruh wilayah Indonesia termasuk di Sulawesi Selatan. kerusakan terjadi di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil seperti Pulau Tanakeke, mengungkapkan bahwa dari tahun 1972 sampai 2014, mangrove mengalami penurunan luas sebesar 1.545,55 ha (61,90%) dari total 2.496.66 ha. Berdasarkan analisis citra Landsat_TM perekaman 2017 menunjukkan bahwa luas mangrove yang tersisa mencapai 1.009,39 ha. Secara umum terdapat empat jenis mangrove sejati di Pulau Tanakeke yaitu: i) *Rhizophora apiculata*, ii) *Rhizophora stylosa*, iii) *Bruguiera gymnorrhiza* dan iv) *Ceriops tagal*. Jenis yang mendominasi adalah jenis *Rhizophora apiculata*, kerapatan tegakan mangrove mencapai 1.564 pohon/ha.

Ekosistem mangrove menjadi salah satu sumberdaya yang menopang perekonomian masyarakat Pulau Tanakeke. Lahan mangrove dikonversi menjadi lahan tambak serta menjadi komoditas utama bahan baku untuk produksi arang, kayu bakar, tiang rumput laut dan tiang jaring jermal/sero (bila). Kerusakan ekosistem mangrove sangat berpengaruh terhadap sektor perikanan tangkap dan budidaya perikanan di Pulau Tanakeke. Menyatakan bahwa kerusakan ekosistem mangrove dapat mempengaruhi kehidupan ekonomi masyarakat pesisir, seperti penurunan hasil tangkapan ikan dan berkurangnya pendapatan nelayan. Selain itu, juga dapat merusak keseimbangan ekosistem dan habitat serta kepunahan spesies ikan, dan biota laut yang hidup di dalamnya, serta abrasi pantai.

Ketergantungan masyarakat Pulau Tanakeke terhadap ekosistem mangrove menjadi ancaman bagi kelestariannya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberi gambaran nilai ekonomi kawasan ekosistem mangrove. Selain itu, penelitian ini berupaya mengestimasi nilai kerugian ekonomi akibat aktifitas konversi lahan dan penebangan yang telah dilakukan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ekonomi ekosistem mangrove yang masih tersisa dan mengestimasi nilai ekonomi kerugian akibat rusaknya ekosistem mangrove.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Metode survei merupakan penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual baik tentang institusi sosial, ekonomi, atau politik dari suatu kelompok ataupun suatu daerah.

Valuasi nilai total ekonomi (*total economic value/tev*)

Tipologi nilai ekonomi dalam terminologi nilai total ekonomi (Total Economic Value/TEV) ekosistem mangrove mengacu pada [9]–[12] dimana TEV diperoleh dari hasil penjumlahan dari manfaat mangrove yang berbasis pada penggunaan/pemanfaatan (Use Value/UV) dan bukan penggunaan/pemanfaatan (Non-Use Value/NUV).

UV diperoleh dari penggunaan mangrove secara langsung (Direct Use Value/DUV), nilai ekonomi penggunaan tidak langsung (Indirect Use Value/IUV), nilai pilihan (Option Value/OV). Berdasarkan studi awal yang telah dilakukan, penggunaan/pemanfaatan ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke telah diidentifikasi kemudian diekspresikan dalam persamaan matematis sebagai berikut:

Manfaat langsung (*direct use value/duv*)

Manfaat langsung adalah manfaat yang langsung diperoleh dari penggunaan mangrove, yaitu manfaat industri rumah tangga (kayu bakar, arang, tiang budidaya rumput laut dan tiang jaring jermal/sero bila), manfaat perikanan tangkap dan budidaya perikanan. Formulasi dari masing-masing manfaat tersebut adalah:

$$DUV = DUV1 + DUV2 + DUV3..... (1)$$

Keterangan :

- DUV = Total manfaat langsung
- DUV1 = Manfaat industri rumah tangga
- DUV2 = Perikanan tangkap
- DUV3 = Budidaya perikanan

Manfaat tidak langsung (*indirect use value/iuv*)

Perhitungan manfaat tidak langsung ekosistem mangrove digunakan metode replacement cost. Manfaat tidak langsung dari ekosistem mangrove diperoleh dari suatu ekosistem secara tidak langsung, yakni berupa manfaat fisik, biologis dan ekologis. Manfaat tidak langsung yang dihitung pada kawasan ekosistem mangrove Pulau Tanakeke adalah manfaat sebagai pemecah ombak dan manfaat penyimpanan karbon.

Pemecah ombak

Nilai manfaat pemecah ombak dihitung dengan pendekatan *replacement cost* yaitu biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi tanggul pemecah ombak sebagai pengganti fungsi dari ekosistem mangrove, formulasinya dapat dilihat sebagai berikut:

$$IUV1 = Bpo \times Pgp \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- IUV1 = Nilai pemecah ombak (Rp)
- Bpo = Biaya konstruksi pemecah ombak
- Pgp = Panjang garis pantai

Potensi ekonomi simpanan karbon

Nilai potensi ekonomi simpanan karbon diformulasikan sebagai berikut:

$$IUV2 = ETK \times LM \times HK \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- IUV2 = Nilai ekonomi simpanan karbon (Rp)
- ETK = Rata-rata simpanan karbon (tC/ha)
- LM = Luas Mangrove (ha)
- HK = Harga karbon (Rp/tC)

Manfaat pilihan (*option value/ov*)

Nilai manfaat pilihan didekati dengan mengacu pada nilai keanekaragaman hayati (biodiversity) ekosistem mangrove sebesar US\$ 15/ha/tahun. Nilai tersebut merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ruitenbeek di Teluk Bintuni Papua Barat pada tahun 1992 sehingga perlu di *compound* ke tahun 2018 dengan pendekatan formulasi sebagai berikut:

$$V_{2018} = V_{1992} (1 + i)^t \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- V = Nilai biodiversity
- i = Tingkat suku bunga
- t = Banyaknya waktu

Nilai *compound* perlu disesuaikan dengan daya beli dan harga-harga yang berlaku di Sulawesi Selatan dengan Papua Barat. Penyesuaian ini didekati dengan mengalikan nilai keanekaragaman yang sudah di *compound*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada formulasi sebagai berikut:

$$N = V \times M \times (UMP \text{ Sulawesi Selatan}) / (UMP \text{ Papua Barat}) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- N = Nilai biodiversity ekosistem mangrove Pulau Tanakeke
- V = Nilai biodiversity ekosistem mangrove Teluk Bintuni
- M = Luas ekosistem mangrove
- UMP = Upah minimum provinsi

Nilai ekonomi total (*total economic value/tev*)

Nilai total ekonomi ekosistem mangrove Pulau Tanakeke adalah hasil penjumlahan dari seluruh manfaat nilai ekonomi ekosistem mangrove. Formulasinya dapat dilihat sebagai berikut:

$$TEV = DUV + IUV + OV \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- TEV = *Total economic value*
- DUV = *Direct use value*
- IUV = *Indirect use value*
- OV = *Option value*

Valuasi kerusakan dengan pendekatan contingent valuation method (cvm)

Pearce et al. (2006) menyatakan bahwa secara umum analisis CVM melibatkan tiga tahap utama, yaitu: 1) identifikasi barang dan jasa yang akan di evaluasi, 2) konstruksi skenario hipotetik, dan 3) memperoleh informasi kesanggupan menerima biaya pengganti dengan menanyakan besarnya biaya pengganti melalui format tertentu (elisitasi nilai moneter). Tahap penerapan CVM untuk menentukan nilai *Willingness to Accept* (WTA) (Hanley dan Spash 2003) yaitu:

Membuat pasar hipotetik

Pasar hipotetik dibuat dengan menggunakan skenario bahwa pelaku-pelaku pengonversi mangrove akan memberikan pengganti biaya kerugian yang bertujuan untuk mengurangi kerugian akibat menurunnya produktifitas perikanan, abrasi pematang tambak dan menurunnya kesuburan lahan tambak. Pertanyaan dalam pasar hipotesis adalah: “bersediakah bapak/ibu berpartisipasi dalam upaya mengurangi kerugian akibat aktifitas penebangan mangrove sebagai bahan baku industri rumah tangga?”

Memperoleh penawaran besarnya nilai wta

Metode yang dilakukan untuk memperoleh nilai WTA menggunakan *dichotomous choice* dengan teknik *single bounded dichotomous choice*. Metode ini digunakan karena relatif mudah dijawab oleh responden. Dalam *dichotomous choice* responden hanya diajukan pertanyaan dan cukup menjawab “ya” atau “tidak”. Nilai rupiah yang ditawarkan disebut nilai penawaran (*bid value*) (Whitehead 2006). Setelah mendapat penawaran WTA, dilakukan pengelompokan kepada 75 responden, dimana jumlah kelompok disesuaikan dengan jumlah kelas bid yang ditawarkan.

Memperkirakan nilai rata-rata wta (ewta)

Nilai rata-rata WTA dapat diduga menggunakan koefisien yang diperoleh dari model analisis logistik (SPSS) yaitu α (koefisien yang berhubungan dengan variabel independent) dan δ (koefisien yang berhubungan dengan bid). Formulasi perhitungan EWTA sebagai berikut:

$$EWTA = - a/(\delta) \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- EWTA = Nilai rata-rata WTA (Rupiah/tahun)
- α = Konstanta
- δ = Koefisien bid

Mengagregatkan data

Penjumlahan data merupakan proses dimana nilai rata-rata sampel penawaran dikonversikan terhadap total populasi yang dimaksud, salah satu cara untuk mengonversikan adalah dengan mengalikan rata-rata sampel dengan jumlah populasi. Persamaan yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut:

$$TWTA = EWTA \times N \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- TWTA = Total WTA (Rupiah/tahun)
- EWTA = Nilai rata-rata WTA (Rupiah/tahun)
- N = Total populasi yang terkena dampak (KK)

Analisis regresi logistik

Regresi logistik merupakan suatu metode analisis statistik untuk mendeskripsikan hubungan antara peubah respon (*dependent variable*) yang memiliki dua kategori atau lebih dengan satu atau lebih peubah penjelas (*independent variable*), dan pada regresi logistik tidak memerlukan uji asumsi seperti pada analisis regresi linier berganda Hosmer et al. (2000). Penelitian ini menggunakan regresi

logistik untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi peluang responden untuk menentukan besarnya nilai biaya pengganti atau nilai WTA di Pulau Tanakeke. Kemudian variabel terikat dalam penelitian ini adalah kesediaan responden untuk menjawab “ya/tidak” besarnya nilai pengganti atau WTA yang ditawarkan dan variabel bebasnya adalah nilai bid, umur, pendidikan dan lingkungan (penurunan produksi perikanan, abrasi pematang tambak dan menurunnya kesuburan lahan tambak).

Model persamaan regresi logistik dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$L = \alpha + \beta_1 \text{BID} + \beta_2 \text{UMR} + \beta_3 \text{PDDK} + \beta_4 \text{LKG} + \epsilon \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

- L = Kesediaan responden menerima nilai bid (RP)
- α = intercept
- $\beta_1 \dots \beta_4$ = Koefisien regresi
- BID = Nilai bid (RP)
- UMR = Umur (tahun)
- PDDK = Pendidikan (Jenjang)
- ϵ = Galat atau error

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke tersebar hampir di seluruh wilayah pesisir pulau. Berdasarkan hasil pengamatan, umumnya mangrove yang ditemukan adalah *Rhizophora apiculata*, *R. stylosa*, *R. mucronata*, *Sonneratia* spp, *Ceriops tagal* dan *Bruguiera gymnorrhiza* serta jenis-jenis mangrove yang sifatnya bukan mangrove sejati (mangrove asosiasi) yang masuk dalam kategori semak dan belukar. Hingga tahun 2017 mangrove yang tersisa di Pulau Tanakeke mencapai 1.009,39 ha dan termasuk didalamnya kawasan lindung ekosistem mangrove di Dusun Lantangpeo Pulau Tanakeke seluas 50 ha. Kawasan lindung tersebut ditetapkan berdasarkan kesepakatan masyarakat untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove, masyarakat Pulau Tanakeke menyebut kawasan lindung tersebut dengan nama Bangko Tappampang. Karakteristik tegakan mangrove di kawasan Bangko Tappampang terdiri dari jenis *Rhizophora apiculata*, *R. stylosa*, *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Ceriops tagal*. Jenis mangrove yang mendominasi dalam kawasan lindung Bangko Tappampang adalah jenis *Rhizophora apiculata* dengan kerapatan tegakan mencapai 1.564 pohon/ha.

Nilai ekonomi ekosistem mangrove

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, mangrove di Pulau Tanakeke merupakan salah satu penopang ekonomi masyarakat. Secara langsung, mangrove menjadi komoditi utama untuk bahan baku produksi arang. Selain itu, batang-batang mangrove yang berukuran 2 sampai 4 meter dijadikan sebagai tiang penyangga tali rumput laut dan tiang penyangga jaring jermal/sero (bila). Bagi sektor perikanan budidaya, kawasan ekosistem mangrove dikonversi untuk menjadi lahan tambak.

Valuasi ekonomi ekosistem mangrove

Valuasi ekonomi terhadap suatu sumberdaya alam dapat membantu memberikan informasi data potensi nilai ekonomi suatu sumberdaya. Dalam konsep dasar penilaian ekonomi sumberdaya alam, nilai sumberdaya mangrove ditentukan oleh fungsi dari sumberdaya itu sendiri. Valuasi ekonomi ekosistem mangrove yang dihitung terdiri dari tiga tipologi nilai yaitu manfaat langsung (*direct use value*), manfaat tidak langsung (*Indirect Use Value*), manfaat pilihan (*Option Value*).

Manfaat langsung (direct use value/duv)

Manfaat langsung ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke dijadikan sebagai bahan baku utama untuk produksi arang, kayu bakar, tiang penyangga rumput laut dan jaring jermal/sero (bila). Selain itu, manfaat langsung ekosistem mangrove juga diidentifikasi pada sektor perikanan tangkap dan budidaya perikanan. Nilai ekonomi total manfaat langsung mangrove sebesar Rp. 185.900.930/ha/thn, sehingga nilai ekonomi total manfaat langsung pada kawasan ekosistem mangrove seluas 1.009,39 ha sebesar Rp. 187.646.539.390/thn. Nilai ekonomi total manfaat langsung tersebut terdiri dari: i) manfaat langsung kayu sebesar Rp. 135.662.016/ha/thn, ii) manfaat langsung mangrove pada perikanan tangkap sebesar Rp. 15.928.320/ha/thn dan iii) manfaat langsung mangrove pada budidaya perikanan sebesar Rp. 35.572.610/ha/thn Rincian nilai-nilai tersebut disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai ekonomi manfaat langsung untuk produksi arang memberi kontribusi ekonomi mencapai Rp. 109.316.937.000/thn. Rata-rata produksi arang mencapai 1.740 karung/thn, Tiang rumput laut dan jaring jermal/sero (bila) masing-masing bernilai Rp. 12.718.314.000/thn dan Rp. 10.901.412.000/thn, sedangkan kayu bakar bernilai Rp. 2.725.353.000 /thn. Ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke berperan penting terhadap sektor perikanan, karena ekosistem mangrove memegang peran kunci dalam perputaran nutrient atau unsur hara. Lingkungan mangrove mampu menciptakan kondisi ekologis yakni menjadi tempat berkembang biaknya mikro dan makro organisme. Kondisi demikian dapat disimpulkan bahwa wilayah mangrove adalah wilayah dengan sumberdaya perikanan yang melimpah. Penduduk Pulau Tanakeke menjadikan area mangrove sebagai area penangkapan ikan (*fishing ground*) dengan menggunakan alat tangkap jaring jermal/sero (bila) dan Pukat (gillnet). Ikan target dalam perikanan tangkap di Pulau Tanakeke adalah jenis ikan yang hidup dan berkembang di sekitar mangrove seperti: ikan baronang (*Siganus* sp), ikan merah/kakap (*Lutjanidae* sp), kepiting bakau (*Scylla* sp), kepiting rajungan (*Portunidae* sp), ikan kerapu (*Epinephelus* sp) dan beberapa jenis ikan lainnya. Nilai ekonomi manfaat langsung mangrove pada perikanan tangkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan nilai manfaat langsung mangrove pada sektor perikanan tangkap sebesar Rp. 15.928.320/ha/thn atau nilai ekonomi kawasan sebesar Rp. 16.077.886.925/thn. Rata-rata pendapatan harian nelayan sebesar Rp. 82.960. Rata-rata trip nelayan dalam satu minggu mencapai enam hari (192 hari dalam 1 tahun) selama delapan bulan. Faktor yang menyebabkan nelayan tidak melaut penuh dalam satu tahun adalah faktor cuaca dan perbaikan alat tangkap. Rata-rata tangkapan nelayan setiap hari berkisar dua ekor untuk baronang, satu ekor ikan merah, satu kg kepiting bakau, satu ekor kerapu, 25 ekor baronang (*biawas*), 1,4 kg kepiting rajungan dan 4 ekor ikan campuran.

Selain sektor perikanan tangkap, sektor budidaya perikanan turut memberi kontribusi manfaat langsung mangrove. Budidaya perikanan di Pulau Tanakeke ada dua jenis ikan yang dibudidayakan yakni ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan udang (*Caridea* spp). Rata-rata dalam satu tahun bandeng dipanen dua kali, sedangkan udang hanya satu kali. Rata-rata hasil panen bandeng dalam satu tahun mencapai 1.116 ekor/thn dan udang 24,72 kg/thn pada tambak seluas 55,4 ha. Manfaat langsung nilai ekonomi ekosistem mangrove pada sektor budidaya perikanan disajikan pada Tabel 3

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai ekonomi total manfaat langsung budidaya perikanan sebesar Rp. 18.213.960/ha/thn. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, petambak di Pulau Tanakeke menggunakan pola polikultur atau melakukan dua jenis budidaya ikan ke dalam satu tambak yaitu jenis ikan bandeng dan udang. Pola tersebut sama yang dilakukan petambak di Desa Tambaksumur, dari segi penebaran bibit (nener dan benur) antara Pulau Tanakeke dan Desa Tambaksumur juga sama yaitu antara 5.000 benih udang/ha dan 15.000 benih bandeng/ha. Perbedaan perlakuan petambak di Desa Tambak Sumur dan Pulau Tanakeke adalah perlakuan pada lahan pasca panen dan setelah penebaran bibit (nener dan benur) (Lovapinka et al. 2014).

Di desa Tambaksumur setelah panen, tambak dibiarkan mengering kemudian lumpur dalam tambak diangkat ke pematang dan tanah dalam tambak dibalik agar terjadi pertukaran udara dan pelepasan gas beracun. Setelah itu, dilanjutkan dengan pengapuran tambak dengan dosis satu sampai dua ton/ha kemudian perlakuan terakhir adalah dengan pemberian pupuk urea sebanyak 150 kg/ha dan pupuk TSP 75 kg/ha dengan perbandingan dua banding satu. Petambak di Pulau Tanakeke hanya melakukan pemberian pupuk urea sebanyak 100 kg/ha. Adanya perbedaan perlakuan tersebut menyebabkan jumlah produksi petambak Pulau Tanakeke tidak optimal sehingga nilai ekonomi ekosistem mangrove pada budidaya perikanan menjadi kecil.

Tabel 1. Total nilai ekonomi manfaat kayu

No	Jenis Produksi	Nilai Rp/ha/thn	Nilai Total (Rp/thn)	%
1	Kayu Bakar	2.700.000	2.725.353.000	2
2	Arang	108.300.000	109.316.937.000	81
3	Tiang Rumput Laut	12.600.000	12.718.314.000	9
4	Tiang Jaring Bila	10.800.000	10.901.412.000	8
Total		134.400.000	135.662.016.000	100

Tabel 2. Total nilai ekonomi manfaat langsung perikanan tangkap

Jenis Produksi	Jumlah Hari Melaut dalam 1 tahun (hari)	Total Biaya Operasional (Rp/thn)	Benefit (Rp/ha/thn)	Total Benefit (Rp/thn)
Perikanan Tangkap	192	5.659.044.096	15.928.320	16.077.886.925

Tabel 3. Total nilai ekonomi total manfaat budidaya perikanan

Jenis Produksi	Luas Tambak (ha)	Nilai Ekonomi (Rp/ha/thn)	Nilai Ekonomi Total (Rp/thn)
Budidaya perikanan	1.971,38	18.213.960	35.906.636.465

Manfaat tidak langsung (indirect use value/iuv)

Menghitung manfaat tidak langsung ekosistem mangrove menggunakan metode *replacement cost*. Manfaat tidak langsung dari ekosistem mangrove diperoleh dari suatu ekosistem secara tidak langsung, yakni berupa manfaat fisik, biologis dan ekologis [18]. Penelitian ini, potensi nilai ekonomi yang diteliti adalah fungsi fisik ekosistem mangrove sebagai pemecah ombak dan potensi nilai ekonomi simpanan karbon ekosistem mangrove. Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2014 dalam (Widiastuti et al. 2016) mengungkapkan bahwa standar pembangunan tanggul pemecah ombak pada ukuran 187,5 m² dengan daya tahan 5 tahun memerlukan biaya sebesar Rp. 291.994.000, setara dengan Rp. 1.557.301/m² atau setara dengan Rp. 2.160.750/m² pada tahun 2017.

Nilai ekonomi total IUV ekosistem mangrove dengan luas 1.009,39 ha sebesar Rp. 22.244.082.549/thn atau setara dengan Rp. 22.037.153/ha/thn. Nilai ekonomi total IUV tersebut terdiri dari: i) IUV sebagai pemecah ombak Rp. 196.066.455/ha/thn, ii) IUV pada simpanan karbon sebesar Rp. 2.612.902/ha/thn. Lebih jelasnya disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 menunjukkan nilai ekonomi ekosistem mangrove sebagai pemecah ombak senilai Rp. 98.033.227.500. Kemudian dari nilai tersebut dibagi sesuai dengan umur pemecah ombak yaitu selama lima tahun sehingga didapatkan estimasi nilai ekonomi manfaat pemecah ombak sebesar Rp. 19.606.645.500/thn. (Setiyowati et al. 2017) mengestimasi nilai ekonomi mangrove sebagai pemecah ombak mengacu pada standar konstruksi pemecah ombak oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah (1990), yaitu nilai konstruksi pemecah ombak pada ukuran 10 m x 1 m x 2 m (p x l x t) dengan daya tahan 10 tahun sebesar Rp. 2.500.000/m². Panjang garis pantai di Kelurahan Mangunharjo adalah 3,5 km (3.500 m) maka biaya konstruksi pemecah ombak dengan daya tahan 10 tahun seluruhnya mencapai Rp. 8.750.000.000, kemudian nilai keseluruhan tersebut dibagi dengan 10 (daya tahan pemecah ombak) untuk mendapatkan nilai per tahun, sehingga didapatkan nilai ekonomi mangrove sebagai pemecah ombak sebesar Rp. 875.000.000/thn. Terdapat perbedaan nilai ekonomi mangrove sebagai pemecah ombak di Pulau Tanakeke dan Kelurahan Mangunharjo karena adanya penggunaan standar harga yang digunakan, ukuran pemecah ombak dan umur pemecah ombak.

Potensi karbon ekosistem mangrove mencapai 800 - 1.200 tC/ha. Potensi stok karbon permukaan (*above ground*) ekosistem mangrove primer sekitar 227,33 tC/ha dan pada ekosistem mangrove sekunder sekitar 102,20 tC/ha [22]. Rata-rata potensi simpanan karbon dalam kawasan Bangko Tappampang di Pulau Tanakeke dengan luas 50 ha mencapai 9,22 tC/ha [5]. Potensi nilai ekonomi karbon Pulau Tanakeke disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa harga karbon di pasar wajib senilai US\$ 16/tC/ha atau setara dengan US\$ 21/tC/ha (Rp. 283.395), nilai tukar Rupiah terhadap US\$ pada tanggal 3 Februari 2018 senilai Rp. 13.495 (BI 2018). Jika harga tersebut dikalikan dengan total potensi karbon di Pulau Tanakeke maka potensinya senilai Rp. 2.612.902/tC/ha atau setara dengan Rp. 2.637.437.049 pada area mangrove seluas 1.009,31 ha. Potensi nilai ekonomi karbon ekosistem mangrove di Kecamatan Kema Kabupaten Minahasa Utara sebesar Rp. 18.176.056.252 pada mangrove seluas 1.370,495 ha dengan rata-rata simpanan karbon 133,76/tC/ha. Jika dilihat hasil penelitian tersebut, potensi ekonomi simpanan karbon di Pulau Tanakeke terbilang kecil. Hal ini disebabkan tingkat kerapatan individu mangrove sebesar 1.564 pohon/ha, sedangkan di Kecamatan Kema kerapatannya mencapai 2.500 pohon/ha.

Tabel 4. Total nilai ekonomi mangrove sebagai pemecah ombak

Jenis Manfaat	Panjang	Umur (tahun)	Biaya	Nilai Manfaat (Rp)	Nilai Manfaat Rp/ha/thn	Nilai Manfaat Rp/thn
	Garis Pantai (ha)		Konstruksi Ukuran 1 meter persegi			
Pemecah Ombak	45.370	5	2.160.750	98.033.227.500	196.066.455	19.606.645.500

Tabel 5. Total nilai ekonomi manfaat tidak langsung simpanan karbon

Jenis Manfaat	Rata-rata Simpanan Karbon / ha	Luas Mangrove (ha)	Total Karbon P. Tanakeke (tCo)	Harga Karbon (Rp)	Ekonomi Karbon Rp/ha/thn	Total Ekonomi Karbon (Rp)
Simpanan Karbon	9,22	1.009,39	9.306,58	283.395	2.612.902	2.637.437.049

Nilai manfaat pilihan (option value/ov)

Nilai ekonomi keKeanekaragaman hayati (biodiversity) sebesar US\$ 15/ha. Nilai tukar rupiah terhadap US\$ setara dengan Rp. 13.495/US\$ 1 (BI 2018) serta luas ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke pada tahun 2018 mencapai 1.009,39 ha. Menghitung nilai manfaat pilihan ekosistem mangrove dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Total nilai ekonomi *biodiversity* ekosistem mangrove

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Nilai <i>biodiversity</i> Ekosistem Mangrove Pulau Tanakeke	141	US\$
2	Kurs (1 US\$ = Rp)	13.495	Rp
3	UMP Papua Barat	2.416.800	Rp
4	UMP Sulawesi selatan	2.647.000	Rp
5	Luas ekosistem mangrove	1.009,39	Rp
6	Nilai ekonomi <i>biodiversity</i>	2.084.036	Rp/ha/thn
Total nilai ekonomi <i>biodiversity</i>		2.103.605.165	Rp/thn

Tabel 6 menunjukkan bahwa untuk menghitung nilai ekonomi biodiversity ekosistem mangrove, terlebih dahulu perlu menentukan nilai compound biodiversity Teluk Bintuni Papua Barat dari tahun 1992 ke tahun 2018. Oleh sebab itu, setelah nilai compound biodiversity selesai dihitung maka nilai tersebut dikalikan dengan luas ekosistem mangrove dan UMP Sulawesi Selatan sebesar Rp. 2.647.000 dibagi dengan UMP Papua Barat Rp. 2.416.000. Karena itu, nilai ekonomi biodiversity ekosistem mangrove sebesar Rp. 2.084.036/ha/thn atau setara dengan. 2.103.605.165/thn.

Nilai total ekonomi ekosistem mangrove pulau tanakeke

Nilai ekonomi total merupakan nilai-nilai yang terkandung dalam suatu sumberdaya. Nilai ini merupakan hasil penjumlahan dari seluruh nilai-nilai yang telah dihitung sebelumnya. Berdasarkan persamaan total economic value (TEV), maka nilai total ekonomi ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke Kecamatan Mappakasunggu Kabupaten Takalar sebesar Rp. 210.022.119/ha/thn. oleh sebab itu nilai total ekonomi kawasan ekosistem mangrove dengan luas 1.009,39 ha sebesar Rp 211.994.227.103. Lebih jelasnya disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Total nilai ekonomi kawasan ekosistem mangrove Pulau Tanakeke

No	Manfaat Ekonomi Mangrove	Nilai (Rp/ha/thn)	Nilai (Rp/thn)	%
1	Manfaat langsung (<i>Direct Use Value/DUV</i>)	185.900.930	187.646.539.390	89
2	Manfaat tidak langsung (<i>Indirect Use Value/IUV</i>)	22.037.154	22.244.082.549	10
3	Manfaat pilihan (<i>Option Value/ OV</i>)	2.084.036	2.103.605.165	1
Total nilai ekonomi (<i>Total Economic Value/TEV</i>)		210.022.119	211.994.227.103	100

Tabel 7 menunjukkan nilai ekonomi total ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke mencapai Rp. 211.994.227.103/thn pada area seluas 1.009,39 ha atau setara dengan Rp 210.022.119/ha/thn. Rinciannya terdiri dari: a) nilai DUV ekosistem mangrove sebesar Rp. 185.900.930/ha/thn atau setara dengan Rp. 187.646.539.390/thn, b) nilai IUV Rp. 22.037.154/ha/thn atau setara dengan Rp.

22.244.082.549/thn dan c) nilai OV senilai Rp. 2.084.036/ha/thn atau setara dengan Rp. 211.994.227.103/thn.

Nilai kerugian ekonomi akibat kerusakan ekosistem mangrove

Salah satu cara untuk mengestimasi nilai kerugian adalah dengan melakukan estimasi pemberian biaya pengganti kerugian dengan menggunakan metode pendekatan willingness to accept (WTA) dengan teknik contingent valuation method (CVM). Blomquist (2006) dalam Fauzi (2014) contingent valuation method (CVM) adalah metode yang dapat mengukur nilai ekonomi bagi orang yang mengalami secara langsung atas perubahan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan model dichotomous choice CVM (DC-CVM) dengan teknik single-bounded. Fauzi (2014) mengungkapkan bahwa model ini menggunakan nilai penawaran (bid value) berbeda yang ditawarkan kepada setiap kelompok. Setiap kelompok sampel akan diambil secara purposive. Responden merupakan masyarakat Pulau Tanakeke yang mengalami dampak akibat aktifitas penebangan mangrove serta masyarakat yang tidak mengalami dampak secara langsung di wilayah pesisir Kecamatan Galesong Selatan, Kecamatan Sanrobone dan Kecamatan Mangarabombang. Teknik single-bounded yang dilakukan mengharuskan responden untuk menjawab “ya” atau “tidak” terhadap nilai bid yang telah ditawarkan.

Tahap awal yang dilakukan dalam teknik single-bounded adalah dengan membangun pasar hipotetik. Hal ini dilakukan agar besarnya biaya pengganti kerugian dapat diketahui. Skenario pasar hipotetik menggunakan pertanyaan sebagai berikut: “Bersediakah bapak/ibu berpartisipasi dalam upaya mengurangi kerugian akibat aktifitas penebangan mangrove?” Selanjutnya, dilakukan penentuan besarnya nilai bid yang ditawarkan kepada responden. Kategori nilai bid ditentukan berdasarkan nilai selisih pendapatan responden akibat dari kegiatan penebangan ekosistem mangrove yang berimbas kepada menurunnya produksi perikanan. Starting point bid dimulai dari Rp. 25.000/KK/bln. Kemudian dua bid berikutnya berlaku kelipatan dari Starting point bid, sehingga didapatkan nilai Rp. 50.000/KK/bln dan 75.000/KK/bln. Estimasi besarnya biaya pengganti kerugian ini menggunakan periode waktu maksimal lima tahun. Periode lima tahun ini adalah masa waktu pertumbuhan mangrove setelah ditanam dan dilakukan penebangan kembali pada umur 7 sampai 10 tahun.

Kategori bid yang telah ditentukan ditanyakan kepada responden berdasarkan kelompok yang sudah ditentukan sebelumnya. Terdapat tiga nilai bid yang ditawarkan kepada responden yaitu: Rp. 25.000, Rp. 50.000 dan Rp. 75.000. Masing-masing bid tersebut respondennya sebanyak 25 orang, sehingga total responden dalam penelitian ini adalah 75 responden. Persentase jawaban responden terhadap nilai bid yang ditawarkan dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Struktur single-bounded DC-CVM

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar nilai bid yang ditawarkan maka tingkat kesediaan responden untuk menerima semakin besar, sedangkan jika nilai bid semakin kecil maka kesediaan menerima responden semakin kecil. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4, pada nilai bid Rp. 25.000 kesediaan responden untuk menerima sebesar 28% dan yang menolak sebesar 72%. Nilai bid Rp. 50.000 tingkat kesediaan responden untuk menerima sebesar 68% dan yang tidak bersedia menerima

32% dan Nilai bid Rp. 75.000 kesediaan responden untuk menerima sebesar 88% sedangkan 12% responden menolak menerima tawaran bid tersebut.

Nilai biaya pengganti kerugian WTA dihitung menggunakan software SPSS 22 dengan menggunakan teknik analisis regresi logistik. Variabel dependent dalam penelitian ini yaitu keputusan responden untuk menjawab “ya” atau “tidak” terhadap nilai bid yang telah ditawarkan dan variabel independent yaitu nilai penawaran (bid value). Hasil analisis data menunjukkan nilai koefisien konstanta sebesar 1.0 dan koefisien nilai bid sebesar 0,016 (lampiran 5 tabel correlation matrix). Berdasarkan persamaan 3, untuk menduga nilai rata-rata WTA maka nilai koefisien konstanta dengan koefisien bid dilakukan pembagian, dari hasil pembagian tersebut diperoleh nilai rata-rata WTA sebesar Rp. 62.500/KK/bulan. Jika rata-rata WTA tersebut dikalikan dengan jumlah rumah tangga/kepala keluarga yang terdampak di Pulau Tanakeke (Kecamatan Mappakasunggu), Kecamatan Galesong Selatan, Kecamatan Sanrobone dan Kecamatan Mangarabombang (persamaan 4) maka total biaya pengganti yang diterima oleh masyarakat sebesar Rp. 16.711.789/ha/thn, atau setara dengan Rp. 15.894.750.000/thn pada ekosistem mangrove. Untuk lebih jelasnya disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Total biaya pengganti kerugian masyarakat di Pulau Tanakeke

Uraian	Jumlah (Rp)
Total Responden (orang)	75
Populasi Terdampak (KK)	21.193
Rata-rata WTA responden (rupiah/KK/bulan)	62.500
Total WTA Masyarakat (rupiah/bulan)	1.324.562.500
Total WTA Masyarakat (rupiah/tahun)	15.894.750.000

Penelitian ini menganalisis variabel yang diasumsikan mempengaruhi kesediaan responden untuk menerima biaya pengganti kerugian. Variabel yang dimaksud adalah: variabel bid, usia, pendidikan dan lingkungan. Variabel lingkungan meliputi dampak yang dirasakan secara langsung maupun tidak langsung oleh masyarakat akibat rusaknya ekosistem mangrove. Faktor-faktor tersebut dijadikan sebagai variabel independent (bebas) dan sebagai variabel dependent adalah tingkat kesediaan masyarakat untuk menerima biaya pengganti yang ditawarkan. Model analisis regresi logistik dan variabel-variabel yang memengaruhi kesediaan masyarakat untuk menerima biaya pengganti dapat dilihat sebagai berikut:

$$Li = -3,207 + 0,000071 \text{ BID} + 0,008 \text{ UMR} - 1,162 \text{ PDDK} + 1,628 \text{ LKG}$$

Model tersebut menunjukkan bahwa koefisien nilai bid menunjukkan angka 0,000071 dan nilai sig 0,000364 < 0,05 (5%) hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai bid yang ditawarkan maka peluang masyarakat untuk bersedia menerima biaya pengganti kerugian semakin besar. Koefisien umur 0,008 dan nilai sig 0,844 > 0,05 (5%) dan 0,10 (10%) menunjukkan bahwa umur tidak berpengaruh nyata terhadap kesediaan responden untuk menerima biaya pengganti. Koefisien pendidikan menunjukkan angka - 1,162 dan nilai sig 0,002 < 0,05 (5%) yang berarti bahwa semakin rendah tingkat pendidikan responden maka semakin besar pula peluang untuk menerima biaya pengganti yang ditawarkan. Koefisien lingkungan menunjukkan angka 1,628 dan nilai sig 0,019 < 0,10 (10%) yang berarti bahwa jika dampak yang dirasakan semakin kompleks maka tingkat harapan menerima nilai bid lebih besar jika dibandingkan dengan responden yang mengalami dampak yang tidak kompleks. Lebih jelasnya disajikan pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Faktor-faktor yang mempengaruhi peluang responden bersedia menerima biaya pengganti kerugian

Parameter	Koefisien	Sig	EXP (B)
Nilai bid	0,000071	0,000364*	1
Umur	0,008	0,844	1,008
Pendidikan	-1,162	0,002*	0,313
Lingkungan	1,628	0,019*	5,092
Konstanta	-3,207	0,24	
Omnibus test		0,000	
Cox & Sneel R Square		0,425	

Parameter	Koefisien	Sig	EXP (B)
<i>Nagelkarke R Square</i>		0,576	
<i>Hosmer & Lameshow test</i>		0,514	

Keterangan : ** signifikan pada taraf nyata $\alpha = 5\%$ (0,05)

* signifikan pada taraf nyata $\alpha = 10\%$ (0,10)

Berdasarkan hasil analisis logistik, faktor yang mempengaruhi kesediaan masyarakat untuk menerima biaya pengganti (model WTA) adalah Nilai bid, pendidikan dan lingkungan. Secara statistik model WTA tersebut dapat diterima karena masing-masing signifikan pada taraf nyata 5% dan 10%..

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1) Total nilai ekonomi ekosistem mangrove pada area seluas 1.009,39 ha sebesar Rp. 211.994.227.103/thn dan 2) total kerugian ekonomi akibat kerusakan ekosistem mangrove sebesar Rp. 15.894.750.000/thn.

DAFTAR PUSTAKA

- C. Giri et al., “Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia,” *J. Environ. Manage.*, vol. 148, pp. 101–111, 2015.
- J. H. Primavera, D. A. Friess, H. Van Lavieren, and S. Y. Lee, *The Mangrove Ecosystem*, Second Edi. Elsevier Ltd., 2019.
- A. Rizal, A. Sahidin, and H. Herawati, “Economic Value Estimation of Mangrove Ecosystems in Indonesia,” *Biodivers. Int. J.*, vol. 2, no. 1, 2018.
- M. AS Akbar, B. Saleh, I. Sofian, and N. Nurdin, “Geospatial Dynamic of Vegetation Cover Changes on the Small Islands , South Sulawesi , Indonesia,” *Maj. Ilm. Globe*, vol. 16, pp. 25–32, 2014.
- A. N. Iman, “Kajian Potensi Karbon Pada Tegakan *Rhizopora stylosa* dan *Rhyzopora apiculate* di Lantangpeo, Kepulauan Tanakeke,” Universitas Hasanuddin, 2017.
- P. J. Mumby et al., “Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean,” *Nature*, vol. 108, no. B5, pp. 533–536, 2004.
- B. A. Polidoro et al., “The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern,” *PLoS One*, vol. 5, no. 4, 2010.
- M. Nazir, *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia, 1988.
- E. B. Barbier, *The Value of Coastal Wetland Ecosystem Services*. Elsevier B.V., 2019.
- E. B. Barbier, “Economics of the Regulating Services,” *Encycl. Biodivers. Second Ed.*, vol. 3, pp. 45–54, 2013.
- E. B. Barbier, “Valuing the storm protection service of estuarine and coastal ecosystems,” *Ecosyst. Serv.*, vol. 11, pp. 32–38, 2015.
- E. B. Barbier, “The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 109, no. 2, pp. 676–681, 2016.
- H. J. Ruitenbeek, “Mangrove Management: An Economic Analysis of Management Options with a Focus on Bintuni Bay, Irian Jaya,” 1992.
- A. Fauzi, *Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1st ed. Bogor: IPB Press, 2014.
- N. Hanley and C. L. Spash, *Cost-benefit analysis and the environment* Penulis. Cheltenham: Elgar, 2003.

- R. Hendayana, “Penerapan Metode Regresi Logistik Dalam Menganalisis Adopsi Teknologi Pertanian,” *Inform. Pertan.*, vol. 22, no. 1, p. 1, 2015.
- C. Lovapinka, A. Fauzi, and R. Bahtiar, “Valuasi ekonomi dampak alih fungsi lahan mangrove untuk budidaya ikan tambak di Desa Tambaksumur, Karawang, Jawa Barat,” *J. Bonorowo Wetl.*, vol. 4, no. 1, pp. 58–69, 2014.
- A. Fauzi and S. Anna, *Pemodelan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2005.
- M. M. Widiastuti, N. N. Ruata, and T. Arifin, “Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove Di Wilayah Pesisir Kabupaten Merauke,” *J. Sos. Ekon. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 11, no. 2, p. 147, 2016.
- D. Setiyowati, S. Supriharyono, and I. Triarso, “VALUASI EKONOMI SUMBERDAYA MANGROVE DI KELURAHAN MANGUNHARJO, KECAMATAN TUGU, KOTA SEMARANG Economic Valuation of Mangrove Resources in the Mangunharjo Village Tugu Sub District, Semarang City,” *SAINTEK Perikan. Indones. J. Fish. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, p. 67, 2017.
- H. Purnobasuki, *Tinjauan Perpektif Hutan Mangrove*. Surabaya: Airlangga University Press, 2005.
- A. Sadelie, T. Kusumastanto, C. Kusmana, and H. Hardjomidjojo, “Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Perdagangan Karbon,” *J. Hutan dan Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2011.
- T. L. Kepel, D. D. Suryono, R. Nur Afi Ati, H. L. Salim, and A. A. Hutahaean, “Nilai Penting Dan Estimasi Ekonomi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove Di Kecamatan Kema, Sulawesi Utara,” *J. Kelaut. Nas.*, vol. 12, no. 1, p. 19, 2017.