© 2026 Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume 24 Issue 6 (2026) : 1497-1506 *ISSN 1829-8907*

Nilai Ekonomi Jasa Habitat Mangrove pada Sistem Tambak *Silvofishery*

Bunga Artasya[1], Pini Wijayanti[1*], dan Gatot Yulianto[2]

[1]Program Studi Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia; e-mail: pini_wijayanti@apps.ipb.ac.id
[2]Program Studi Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

ABSTRAK

Keberlanjutan ekosistem pesisir penting bagi ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada sumber daya perikanan. Ekosistem mangrove penting dalam menjaga keberlanjutan tersebut dengan memberikan beragam jasa ekosistem. Salah satu jasa yang sulit diungkap nilainya adalah jasa habitat asuhan (*nursery ground*) bagi berbagai sumber daya perikanan. Namun, ekosistem mangrove menghadapi beragam tantangan, seperti konversi mangrove menjadi tambak konvensional yang menyebabkan berkurangnya dukungan ekosistem terhadap fase awal siklus hidup sumber daya perikanan. Sistem *silvofishery* menjadi salah satu pendekatan pengelolaan berbasis integrasi ekologi dan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap nilai ekonomi jasa habitat mangrove pada sistem tambak *silvofishery* melalui metode perubahan produktivitas. Penelitian ini dilakukan di Desa Tanjung Rejo, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, dengan melibatkan 30 responden pembudidaya yang dipilih secara purposive. Analisis menggunakan pendekatan *Production Function Approach* melalui model fungsi produksi *Cobb–Douglas* dan *Productivity Change Method* untuk mengestimasi nilai ekonomi jasa habitat mangrove. Analisis dilakukan dengan mengaitkan perubahan luas mangrove terhadap peningkatan produksi perikanan pada beberapa komoditas budidaya pesisir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mangrove berasosiasi dengan peningkatan produktivitas beberapa komoditas budidaya dalam sistem *silvofishery*, sehingga memberikan estimasi nilai ekonomi jasa habitat sebesar Rp92.539.520/ha/tahun pada lokasi penelitian.

***Kata kunci*:** mangrove, komoditas perikanan, *habitat, silvofishery,* metode perubahan produktivitas

ABSTRACT

The sustainability of coastal ecosystems is a fundamental element in ensuring global food security and the well-being of communities that rely on fisheries resources. One of the important ecosystem services provided by mangroves is their function as *nursery grounds* for a wide range of fishery resources. However, mangrove ecosystems continue to face pressures particularly due to land conversion into conventional aquaculture ponds. Such conversion can reduce ecosystem support for the early life stages of fishery resources. Management approaches that integrate ecological functions with production objectives, such as *silvofishery* systems, are therefore relevant for further investigation. This study aims to estimate the economic value of mangrove habitat services within *silvofishery* pond systems using a *productivity change method*. This study was conducted in Tanjung Rejo Village, Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency, North Sumatra, involving 30 aquaculture farmers selected through purposive sampling. The analysis employed the Production Function Approach using the Cobb–Douglas production function model and the Productivity Change Method to estimate the economic value of mangrove habitat services. The analysis links changes in mangrove area to variations in fishery production across several coastal aquaculture commodities. The results showed that the presence of mangroves was associated with increased productivity of several aquaculture commodities within the silvofishery system, resulting in an estimated economic value of habitat services of IDR 92.539.520/ha/year at the study site.

***Keywords*:** mangrove, fishery commodities, habitat, silvofishery, productivity change method

Citation: Artasya, B., Wijayanti, P., dan Yulianto, G. (2026). Nilai Ekonomi Jasa Habitat Mangrove pada Sistem Tambak *Silvofishery*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(6), 1497-1506, doi:10.14710/jil.24.6.1497-1506

1. PENDAHULUAN

Keberlanjutan ekosistem pesisir merupakan pilar utama untuk ketahanan pangan global dan kesejahteraan populasi manusia yang bergantung pada sumber daya laut. Ekosistem utama seperti mangrove, lamun, dan terumbu karang memiliki peranan penting bagi mata pencaharian masyarakat pesisir (Belinda *et al.* 2022). Mangrove tersebar di

sepanjang pesisir 115 negara, dengan luas mencapai 15,2 juta hektar pada tahun 2023 (Giri *et al.* 2011). Keberadaan ekosistem ini memiliki dampak langsung dan tidak langsung yang signifikan terhadap kesejahteraan populasi lokal. Secara khusus, lebih dari 100 juta orang yang tinggal dalam radius 10 km dari ekosistem mangrove merasakan manfaat dari layanan ekosistem yang diberikan (Duke dan Bochove 2014).

Ekosistem mangrove menyediakan 4 tipe jasa ekosistem, yaitu *provisioning services* seperti sumber daya perikanan, *regulating services* (melindungi garis pantai dari erosi dan gelombang badai, menyaring air dan udara, menyerap karbon, *habitat services* (habitat penting bagi keanekaragaman hayati), dan *cultural* services (layanan nonekstraktif seperti budaya dan rekreasi) (Kumar 2012). Studi lintas benua di Afrika, Amerika, Asia, Eropa, dan Oseania menunjukkan nilai rata-rata jasa ekosistem mangrove mencapai 21.071,81 USD/ha/tahun (Getzner dan Islam 2020). Nilai *provisioning services* mencapai 4.898 USD/ha/tahun, *regulating services* mencapai 36.100 USD/ha/tahun, *habitat services* mencapai 402 USD/ha/tahun, dan *cultural* services mencapai 49.300 USD/ha/tahun.

Guna mendukung ketahanan pangan, ekosistem mangrove menyediakan jasa habitat yang menopang keberlanjutan sumber daya perikanan dan kesejahteraan masyarakat pesisir. Sebagai habitat asuhan (*nursery ground*), mangrove mendukung pertumbuhan dan perkembangan awal ikan serta invertebrata sehingga berkontribusi terhadap produktivitas perikanan dan ketersediaan sumber daya bagi masyarakat yang bergantung pada sektor perikanan (Beck *et al.* 2001; Sheaves 2005; Lee dan Dittmann 2008 Hutchison *et al.* 2014). Namun, ekosistem mangrove terus mengalami tekanan akibat pertumbuhan populasi, permintaan lahan, dan pembangunan ekonomi yang mendorong konversi lahan serta degradasi ekosistem (Jiang dan Hardee 2011; Molotoks *et al.* 2018; Maja dan Ayano 2021). Degradasi tersebut berdampak pada penurunan produktivitas perikanan dan kesejahteraan masyarakat pesisir, yang tercermin dari turunnya produksi perikanan nasional pada tahun 2024 (KKP 2024; Seary 2019).

Akuakultur berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian, namun ekspansinya sering mendorong konversi hutan mangrove menjadi tambak. Di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, konversi untuk akuakultur telah menyebabkan hilangnya 3,58–8,08% kawasan mangrove pada periode 2000–2012, sementara Indonesia kehilangan hampir 30% ekosistem mangrovenya selama periode 1980-2005 (Hamilton dan Casey 2016; Arifanti *et al.* 2021; Spalding *et al.* 2021) Kondisi ini mencerminkan adanya *trade-off* antara peningkatan produksi akuakultur dan pelestarian fungsi ekologis mangrove, sehingga diperlukan pendekatan pengelolaan yang mampu menyeimbangkan tujuan ekonomi dan keberlanjutan ekosistem.

Orientasi pada keuntungan jangka pendek sering mendorong konversi mangrove tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjangnya. Oleh karena itu, pengelolaan akuakultur berkelanjutan perlu mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi dalam pemanfaatan ekosistem mangrove (Brander et al. 2012; Rusdianti dan Sunito 2012). Di Kabupaten Deli Serdang, konversi mangrove menjadi tambak telah memicu kehilangan tutupan mangrove dan degradasi lingkungan, seperti erosi, peningkatan salinitas tanah, dan emisi karbon, yang pada akhirnya mengancam keberlanjutan ekosistem pesisir (Barbier dan Cox 2003). Kondisi ini diperparah oleh menurunnya produksi perikanan tangkap di Sumatera Utara selama periode 2018–2021, sehingga diperlukan pengelolaan yang mampu menyeimbangkan produktivitas tambak dengan pelestarian ekosistem mangrove.

Sistem *silvofishery*, yang mengintegrasikan konservasi mangrove dengan akuakultur, menawarkan alternatif yang lebih berkelanjutan dengan menyeimbangkan kepentingan ekologis dan ekonomi (Basyuni *et al.* 2018). Meskipun Kabupaten Deli Serdang telah berupaya mengadopsi sistem ini, implementasinya belum optimal. Studi menunjukkan bahwa meskipun hasil produksi antara tambak *silvofishery* (lihat Gambar 1 (a)) dan *non-silvofishery* (lihat Gambar 1(b)) tidak berbeda signifikan, *silvofishery* memberikan manfaat ekologis jangka panjang (Simanungkalit dan Letari 2012).



(a) (b)

Gambar 1. (a) Tambak *Silvofishery* (b) Tambak Non-*Silvofishery*
Sumber: dokumentasi penulis

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekosistem mangrove berperan penting dalam mendukung perikanan melalui penyediaan habitat, peningkatan kualitas perairan, dan penyediaan sumber daya perikanan (Jamizan dan Chong 2017; Lefcheck *et al.* 2019). Jasa habitat mangrove menyediakan area pembesaran, pemijahan, dan perlindungan bagi biota perairan, yang didukung oleh proses ekologis seperti dekomposisi serasah sebagai sumber rantai makanan sehingga meningkatkan produktivitas ikan dan udang (Bosma *et al.* 2016; Alam *et al.* 2022; Alvarez dan Otadoy 2023; Hamzah *et al.* 2023).

Valuasi ekonomi jasa ekosistem mangrove penting sebagai dasar pengelolaan pesisir berkelanjutan (Groot De *et al.* 2010; Getzner dan Islam 2020). Dalam

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

konteks tersebut, silvofishery mengintegrasikan konservasi mangrove dengan produksi perikanan, di mana fungsi *nursery ground* mangrove berkontribusi terhadap kelangsungan hidup ikan dan udang serta mendukung produktivitas perikanan (Barbier *et al.* 2011). Meskipun demikian, penelitian mengenai valuasi ekonomi jasa *nursery ground* pada sistem tambak silvofishery masih terbatas dan umumnya berfokus pada aspek ekologis. Beberapa studi menunjukkan bahwa vegetasi mangrove memperbaiki kondisi lingkungan tambak dan mendukung pertumbuhan komoditas budidaya, seperti ikan bandeng di Sumatera Utara, serta menjaga kualitas perairan melalui pengaturan suhu, salinitas, dan oksigen terlarut (Basyuni *et al* 2019a; Hastuti dan Budihastuti, 2016). Penelitian di Aceh dan Deli Serdang juga menyoroti berbagai tantangan sosial dan ekologis dalam implementasi *silvofishery* (Harefa et al. 2022; Putra et al. 2025).

Meskipun manfaat ekologis mangrove telah banyak dikaji, penelitian yang mengestimasi nilai ekonomi jasa habitat *nursery ground* melalui *Productivity Change Method* pada sistem tambak *silvofishery* masih terbatas, khususnya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengestimasi nilai ekonomi jasa habitat mangrove pada sistem tambak *silvofishery* sebagai dasar pengelolaan pesisir berbasis jasa ekosistem (R. Hastuti dan Hastuti 2018; Suyono dan Fithor 2025).

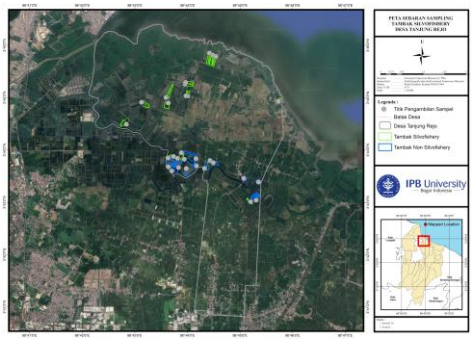
Dalam penelitian ini, fungsi *nursery ground* mangrove direpresentasikan melalui variabel luas mangrove sebagai proksi jasa habitat yang memengaruhi produktivitas budidaya. Sementara itu, variabel pakan, bibit, dan tenaga kerja diperlakukan sebagai variabel kontrol untuk mengakomodasi faktor-faktor produksi yang berasal dari aktivitas budidaya sehingga kontribusi luas mangrove terhadap perubahan produktivitas dapat diestimasi secara lebih representatif. Pendekatan ini selanjutnya digunakan dalam kerangka kerja *cascade* untuk mengevaluasi jasa ekosistem mangrove, khususnya jasa habitat.

Penilaian ini penting untuk mengidentifikasi manfaat *non-market* mangrove, serta memastikan nilai lingkungannya tidak terabaikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara (lihat Gambar 2). Lokasi penelitian dipilih di Deli Serdang karena sejak tahun 1990 terjadi perubahan lahan menjadi tambak, dan saat ini menggunakan sistem tambak non-*silvofishery* dan *silvofishery*. Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Oktober-November 2025 melalui survei secara langsung kepada pembudidaya perikanan.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer. Data primer diperoleh dengan melakukan wawancara menggunakan kuesioner terstruktur kepada pembudidaya perikanan. Pengumpulan data primer terbagi ke dalam dua bagian yaitu data kelayakan ekonomi sistem budidaya non-*silvofishery* dan data sistem budidaya *silvofishery*.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Responden penelitian adalah pembudidaya perikanan di Desa Tanjung Rejo yang menggunakan kedua sistem budidaya yaitu *silvofishery* dan non-*silvofishery*. Responden yang dipilih mewakili seluruh wilayah yang memiliki kegiatan budidaya yaitu wilayah Dusun X, Dusun XI, Dusun XII, Dusun XIII, dan Dusun IV. Teknik pengambilan sampel menggunakan *non-probability sampling* dengan teknik *purposive sampling*. Sampel dipilih secara sengaja berdasarkan 3 kriteria, yaitu pembudidaya yang aktif, memiliki pengalaman budidaya minimal dua tahun, dan bersedia menjadi responden. Dari total 7 kelompok pembudidaya, dipilih 30 orang responden yang memenuhi kriteria untuk dijadikan sampel penelitian.

Sebanyak 30 pembudidaya di lokasi penelitian memenuhi seluruh kriteria responden, yaitu aktif melakukan budidaya, memiliki pengalaman minimal dua tahun, dan bersedia mengikuti survei. Seluruh pembudidaya tersebut dilibatkan dalam penelitian, terdiri atas 15 pembudidaya silvofishery dan 15 pembudidaya non-silvofishery. Pembudidaya lainnya tidak dilibatkan karena tidak memenuhi kriteria, terutama karena sudah tidak aktif melakukan budidaya.

Pengumpulan data dilakukan bertahap. Langkah pertama adalah *focus group discussion* (FGD) untuk mengumpulkan calon responden dengan kriteria pembudidaya *silvofishery* dan non-*silvofishery* dengan perbandingan masing-masing 50%. Langkah kedua adalah menentukan lokasi survei, dan langkah terakhir mengunjungi lokasi tambak. Jumlah responden terpilih telah mewakili seluruh sebaran wilayah. Sistem *silvofishery* ini menerapkan penanaman mangrove dengan jarak tanam 2m × 2m menggunakan jenis *Rhizophora* sp..

Sistem perikanan *silvofishery* merupakan pendekatan pengelolaan tambak yang

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

mengintegrasikan vegetasi mangrove dengan kegiatan budidaya perikanan dalam satu sistem yang sama, sehingga tercipta diversifikasi fungsi antara produksi perikanan dan fungsi ekologis mangrove (Primavera 2005). Berbeda dengan sistem tambak non-*silvofishery*, pengelolaan tambak konvensional umumnya hanya berfokus pada kegiatan budidaya tanpa keterpaduan dengan vegetasi mangrove, sehingga tidak melibatkan variasi komponen ekosistem penunjang (FAO 2017). Jika suatu tambak memiliki luas mangrove ≥ 20% dari luasnya maka tambak tersebut menggunakan sistem lahan *silvofishery*.

2.4. Metode Analisis Data

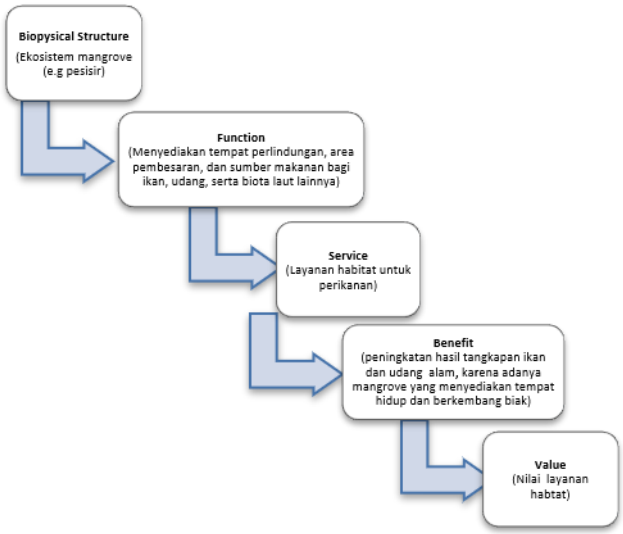
Penelitian ini menggunakan data primer dengan pendekatan *revealed preference* melalui *Production Function Approach*, yang dioperasionalkan menggunakan metode perubahan produktivitas (*productivity change method*) untuk mengestimasi nilai jasa habitat mangrove yang tidak memiliki harga pasar. Pendekatan ini mengukur kontribusi mangrove terhadap hasil tangkapan ikan atau udang melalui analisis hubungan antara luas mangrove dan hasil produksi (Barbier 2000; Freeman *et al.* 2014).

Dalam penelitian ini, fungsi *nursery ground* direpresentasikan melalui variabel luas mangrove sebagai proksi jasa habitat yang memengaruhi produktivitas budidaya. Pendekatan *Productivity Change Method* mengestimasi nilai ekonomi jasa habitat secara tidak langsung melalui perubahan produktivitas yang dihasilkan oleh keberadaan mangrove, sehingga hubungan antara luas mangrove dan hasil produksi dapat digunakan sebagai dasar untuk mengestimasi kontribusi ekonomi jasa habitat dalam sistem silvofishery.

Layanan habitat meningkatkan produktivitas ikan dan udang dengan menyediakan lingkungan aman untuk tumbuh dan berkembang. Penilaian ini bertujuan menyoroti manfaat ekologis dan ekonomi jangka panjang mangrove untuk mendukung praktik penggunaan lahan yang berkelanjutan, seperti yang digambarkan dalam kerangka kerja *cascade* pada Gambar 3.

Dalam model fungsi produksi *Cobb–Douglas*, luas mangrove diposisikan sebagai *environmental input* yang merepresentasikan fungsi habitat (*nursery ground*), sedangkan pakan, benur, dan tenaga kerja diperlakukan sebagai faktor produksi budidaya yang berfungsi sebagai variabel kontrol. Pendekatan ini memungkinkan kontribusi luas mangrove terhadap perubahan produktivitas budidaya diestimasi setelah memperhitungkan pengaruh faktor-faktor produksi yang berasal dari aktivitas budidaya.

Penelitian ini melakukan pendugaan fungsi produksi perikanan budidaya untuk mengestimasi nilai jasa habitat ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Tanjung Rejo, Deli Serdang, menggunakan persamaan *Cobb-Douglas* (Adrianto 2006). Dalam sistem *silvofishery*, fungsi *Cobb-Douglas* menduga pengaruh input pakan (X_1), benur (X_2), tenaga kerja (X_3), dan luas mangrove (X_4) terhadap hasil panen (Y) per musim (Yulianto 2017). Persamaan berikut berlaku untuk komoditas perikanan budidaya, yakni udang, kepiting, dan ikan.



Gambar 3. *Cascade Framework* untuk Jasa Habitat

$$Y_i = \beta . {X_1}^{\beta^1} . {X_2}^{\beta^2} . {X_3}^{\beta^3} . {X_4}^{\beta^4} \quad (1)$$

Dalam model ini, Y_i merepresentasikan hasil panen per musim (ton/tahun). Variabel independen meliputi X_1 jumlah pakan (kg/tahun), X_2 jumlah benur (kg/tahun), X_3 tenaga kerja (HOK/tahun), dan X_4 luas mangrove (ha), dengan i menunjukkan jenis perikanan budidaya. Parameter β_0 merupakan konstanta, sedangkan β_1–β_4 adalah elastisitas masing-masing input terhadap hasil panen.

Model fungsi produksi ditransformasikan ke dalam bentuk persamaan linear sebagai berikut:

$$lnY_i = ln\beta_0 . \beta_1 lnX_{1i} . \beta_2 lnX_{2i} . \beta_3 lnX_{3i} . \beta_4 lnX_{4i} \quad (2)$$

Nilai ekonomi dari jasa habitat *nursery ground* diestimasi melalui kenaikan rata rata produksi untuk setiap kenaikan rata rata mangrove dalam persentase dikali dengan harga pasar komoditas perikanan yang memiliki pengaruh terhadap luas mangrove, yang dapat dilihat pada rumus berikut:

$$V_{NG} = \frac{\uparrow \beta_4(Q_f)}{\uparrow X_4} \times P_f \quad (3)$$

Keterangan:

V_{NG} : Nilai ekonomi jasa habitat n*ursery ground* (Rp/ha/tahun),

ΔQ_f : Rata-rata setelah kenaikan produksi untuk ikan ke-f (Rp/kg),

ΔX_4 : Rata-rata luas mangrove setelah kenaikan 1% (Ha),

P_f : Harga pasar komoditas untuk ikan ke-f (Rp).

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Perhitungan dilakukan dengan mengestimasi produksi setelah kenaikan luas mangrove sebesar 1% menggunakan koefisien elastisitas masing-masing komoditas. Produksi hasil estimasi kemudian dibagi dengan luas mangrove setelah kenaikan dan dikalikan dengan harga jual masing-masing komoditas. Nilai kedua komoditas selanjutnya dijumlahkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Faktor-faktor yang Memengaruhi Produksi Perikanan pada Tambak *Silvofishery*

Komoditas perikanan yang dibudidayakan dalam sistem *silvofishery* meliputi ikan nila dan ikan bandeng dengan periode budidaya 5–6 bulan, udang vaname dan udang tiger dengan periode budidaya 3–4 bulan, serta kepiting bakau dengan periode budidaya relatif lebih singkat, yaitu sekitar 1½–2 bulan. Udang tiger dan kepiting bakau merupakan komoditas yang dibudidayakan oleh seluruh pembudidaya. Sementara itu, ikan bandeng, ikan nila, dan udang vaname dibudidayakan sesuai dengan karakteristik tambak yang digunakan.

Tabel 1 meringkas faktor-faktor yang memengaruhi produksi perikanan dalam sistem *silvofishery* maupun non-*silvofishery* untuk setiap jenis komoditas perikanan. Produksi ikan nila dipengaruhi secara positif dan signifikan oleh pakan dan kualitas bibit. Peningkatan pakan 1% meningkatkan produksi sebesar 0,54%, *ceteris paribus*, sedangkan elastisitas bibit sebesar 1,80 menegaskan peran bibit sebagai faktor paling dominan dalam produksi. Sebaliknya, tenaga kerja berpengaruh negatif dan signifikan dengan elastisitas -1,32, yang mengindikasikan adanya inefisiensi atau kondisi *overlabor*. Hasil ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menegaskan peran pakan dan bibit sebagai faktor utama peningkatan produksi ikan nila, di mana tenaga kerja berpotensi menurunkan output ketika tidak efisien (Antwi *et al.* 2017; Khanjani dan Sharifinia 2021; Vicent *et al.* 2025).

Pada budidaya ikan bandeng, penambahan pakan buatan yang berlebihan berpotensi menurunkan efisiensi pemanfaatan nutrien dan kualitas perairan tambak, sehingga berdampak negatif terhadap produksi. Temuan ini konsisten dengan karakter biologis bandeng sebagai spesies herbivora–detritivora yang lebih diuntungkan oleh ketersediaan pakan alami dan dukungan ekosistem perairan (Primavera 2000). Bibit dan luas mangrove berpengaruh signifikan terhadap produksi, ditunjukkan oleh elastisitas 5,35 dan 2,74, yang menegaskan bibit sebagai input produksi dan peran mangrove dalam mendukung kualitas perairan dan stabilitas ekosistem tambak. (Bosire *et al.* 2008).

Pada komoditas udang vaname dan tiger, bibit berpengaruh positif dan signifikan terhadap produksi yang menegaskan karakter vaname sebagai komoditas budidaya intensif yang bergantung pada kualitas dan kuantitas benur. Koefisien tenaga kerja dan luas mangrove tidak signifikan secara statistik, sehingga belum terdapat bukti yang cukup untuk menyimpulkan pengaruh kedua variabel tersebut terhadap produksi. Pada udang tiger, pakan tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi, mencerminkan ketergantungan yang lebih besar pada pakan alami dan sistem budidaya yang relatif ekstensif.

Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa produksi udang vaname dalam sistem budidaya intensif sangat bergantung pada pakan buatan dan kualitas benur, sedangkan produksi udang tiger lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan kualitas perairan, sehingga respons terhadap penambahan input pakan relatif lebih lemah (Primavera 1997; Páez-Osuna 2001; Chang *et al.* 2020; Macusi *et al.* 2022).

Koefisien luas mangrove pada udang tiger bernilai negatif (−0,125), tetapi tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, hasil ini belum memberikan bukti yang cukup mengenai hubungan negatif antara luas mangrove dan produksi udang tiger. Temuan ini dapat dipengaruhi oleh variasi karakteristik tambak, praktik budidaya yang berbeda antarresponden, ukuran sampel yang terbatas, maupun adanya hubungan antarvariabel yang belum sepenuhnya terakomodasi dalam model. Selain itu, sistem budidaya udang tiger yang lebih bergantung pada pengelolaan teknis dibandingkan kondisi habitat alami dapat menyebabkan kontribusi luas mangrove menjadi kurang dominan.

Pada budidaya kepiting bakau, pakan tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi, mencerminkan ketergantungan yang lebih besar pada pakan alami dalam sistem *silvofishery*. Peningkatan kualitas atau jumlah bibit secara nyata meningkatkan produksi. Tenaga kerja tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi, sementara luas mangrove berpengaruh positif dan signifikan dengan elastisitas 0,65, menegaskan peran mangrove dalam meningkatkan ketersediaan pakan alami, kualitas perairan, dan stabilitas ekosistem tambak.

Tabel 1. Elastisitas Produksi Komoditas Perikanan Budidaya

Variabel	Ikan Nila	Ikan Bandeng	Udang Vaname	Udang Tiger	Kepiting Bakau
	dy/dx	dy/dx	dy/dx	dy/dx	dy/dx
X_1 Pakan	0,5443*	-0,3528*	0,5126*	-0,0448**	-0,0434**
X_2 Benur	1,8013*	5,3516*	3,629*	1,1296*	0,5026*
X_3 Tenaga Kerja	-1,3179*	-0,6394**	-0,1759**	-0,2376**	-0,0061**
X_4 Luas Mangrove	0,0662**	2,7376*	0,5331**	-0,125**	0,6486*

** p-value signifikan < 0.05, ** p-value tidak signifikan > 0.05*
Sumber: Hasil olah data (2026)

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kondisi dan luasan mangrove berkontribusi positif terhadap habitat dan produksi kepiting (Suyono dan Fithor 2025). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan produksi pembudidaya dicapai bukan melalui intensifikasi input semata, melainkan melalui kesesuaian strategi budidaya dengan karakter biologis komoditas dan pengelolaan mangrove sebagai aset produksi ekologis. Pengelolaan mangrove berbasis komunitas berpotensi meningkatkan efisiensi biaya, produktivitas, dan keberlanjutan ekosistem secara simultan. (Basyuni *et al.,* 2018).

Meskipun beberapa variabel menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap produksi, terdapat pula variabel yang tidak signifikan maupun bertanda negatif. Hasil itu mengindikasikan bahwa produktivitas budidaya tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan mangrove, tetapi juga oleh faktor manajemen tambak, karakteristik komoditas, kualitas lingkungan, dan variasi kondisi antarresponden.

Pendekatan tata kelola yang baik dan harmonisasi regulasi nasional dan internasional dapat mendorong produksi yang intensif dan berkelanjutan, sekaligus menjaga keamanan pangan dan lingkungan (Jolly *et al.* 2023). Kebijakan untuk penyediaan dan standarisasi bibit berkualitas, serta pendampingan teknis yang menyesuaikan karakter biologis masing-masing komoditas sangat diperlukan (Shikuku *et al.* 2021; Syanya *et al.* 2025). Kebijakan yang konsisten dan dukungan pemerintah, termasuk penyediaan infrastruktur dan fasilitas kredit, juga menjadi faktor kunci dalam mengatasi kendala teknis dan memperbaiki kualitas bibit (Ogunremi *et al.* 2018). Rekomendasi tersebut didasarkan pada literatur pendukung dan belum seluruhnya diturunkan langsung dari hasil valuasi penelitian ini, sehingga penerapannya memerlukan kajian lebih lanjut.

3.2. Nilai Ekonomi Jasa Habitat *Nursery Ground* Budidaya Perikanan Sistem *Silvofishery*

Nilai ekonomi jasa habitat pada penelitian ini diestimasi berdasarkan pengaruh luas mangrove terhadap produksi perikanan. Ekosistem mangrove di Tanjung Rejo memiliki beberapa jenis pohon mangrove seperti *Rhizophora apiculata, Avicennia marina, Nipa, dan Sonneratia caseolaris* yang tersebar di seluruh wilayah pesisir. Untuk meningkatkan transparansi, estimasi nilai ekonomi dilakukan melalui tahapan perhitungan yang meliputi: (1) estimasi perubahan produksi berdasarkan elastisitas luas mangrove, (2) konversi perubahan produksi menjadi tambahan produksi fisik, (3) perkalian dengan harga jual rata-rata masing-masing komoditas berdasarkan hasil survei lapangan, dan (4) agregasi nilai ekonomi seluruh komoditas yang menunjukkan hubungan signifikan dengan luas mangrove.

Sebagai ilustrasi, peningkatan luas mangrove sebesar 1% menghasilkan tambahan produksi sesuai nilai elastisitas yang diperoleh dari fungsi *Cobb-Douglas*. Tambahan produksi tersebut kemudian dikalikan dengan harga jual rata-rata masing-masing komoditas sehingga diperoleh nilai ekonomi parsial. Akumulasi seluruh nilai parsial menghasilkan estimasi nilai ekonomi jasa habitat sebesar Rp92.539.520/ha/tahun. Tabel 2 meringkas karakteristik produksi perikanan responden.

Dalam sistem *silvofishery* pendapatan tidak hanya berasal dari komoditas utama melainkan dari ikan yang berasal dari *open system.* Pendapatan tambahan ini mencerminkan keberadaan sumber daya perikanan yang terkait dengan habitat di dalam sistem, menunjukkan bahwa layanan habitat mendukung ketersediaan organisme air yang terjadi secara alami di luar spesies yang dibudidayakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove berpengaruh signifikan terutama pada ikan bandeng dan kepiting bakau yang secara langsung diuntungkan dalam sistem *silvofishery*. Berdasarkan hasil estimasi *Cobb-Doublas* sebelumnya setiap kenaikan 1% luas mangrove akan meningkatkan produksi ikan bandeng sebesar 2,74%. dengan estimasi produksi dari rata-rata 930 kg menjadi 955 kg. Untuk kepiting bakau setiap kenaikan 1% luas mangrove akan meningkatkan produksi sebesar 0.65% dengan estimasi produksi rata-rata 246 kg menjadi 248 kg.

Tabel 2. Ringkasan Statistika Deskriptif dari Komoditas Perikanan pada Responden Pembudidaya

Kelompok Variabel	Komoditas	Variabel	Min	Maks	Mean	Median	Std Deviasi
Faktor Produksi Spesifik Komoditas	Ikan Nila	Y	0,4	10	3,83	3,5	3,48
		X_1	10	1500	363	187,5	411,21
		X_2	1,3	40	8,6	6,67	10,02
	Ikan Bandeng	Y	0,3	6	0,93	0,5	1,25
		X_1	10	1500	404,5	375	392,91
		X_2	0,1	3,3	0,59	0,23	0,8
	Udang Vaname	Y	0,15	0,9	0,4	0,3	0,23
		X_1	10	150	42,9	20	50,6
		X_2	1,2	3,77	2,05	1,9	1,06
	Udang Tiger	Y	0,05	0,6	0,27	0,25	0,14
		X_1	10	250	58,3	15	75,11
		X_2	0,3	6,67	3,44	3,33	1,76
	Kepiting Bakau	Y	0,1	0,8	0,25	0,2	0,20
		X_1	20	500	125	100	97
		X_2	50	200	100,83	100	59,6
Faktor Produksi Seluruh Konoditas		X_3	2	15	5,36	5	2,8
		X_4	0,2	2,6	0,6	0,32	0,81

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Nilai jasa habitat asuhan (nursery ground) dalam studi ini sebesar Rp92.539.520/ha/tahun (lihat Tabel 3), mencerminkan kontribusi mangrove terhadap produksi perikanan dalam sistem silvofishery. Nilai ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan temuan studi sebelumnya di Teluk California, yang melaporkan nilai ekonomi layanan habitat perikanan sekitar Rp 630 juta/ha/tahun (Aburto-Oropeza dkk., 2008). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh karakteristik lokasi studi, di mana mangrove hanya menutupi rata-rata sekitar 30% dari kolam, sehingga nilai yang dihasilkan mewakili kontribusi sebagian dari fungsi habitat mangrove.

Perhitungan layanan habitat ini dilakukan menggunakan *productivity change method* dengan melihat efek dari produksi yang menghubungkan peningkatan luas mangrove dengan peningkatan produksi perikanan selain komoditas utama yang dibibitkan. Kemudian dikalikan dengan harga pasar komoditas perikanan lokal dengan harga pasar rata rata yang digunakan untuk ikan bandeng adalah Rp 14.548, dan kepiting bakau Rp 175.283 yang didapat berdasarkan hasil survei harga jual komoditas tersebut. Untuk komoditas selain yang dibibitkan tidak termasuk dalam layanan ini, karena merupakan penyedia sumber daya perikanan sehingga diestimasi dalam layanan provisioning (Yulianto 2017; Barbier dan Strand 1998; Anneboina dan Kavi Kumar 2017).

Tabel 3. Perhitungan Nilai Ekonomi dari Jasa Habitat *Nursery Ground*

Rata-Rata Luas Mangrove (ha) (1)	0.614333333
Rata-Rata Produksi Bandeng (kg) (2)	930
Luas Mangrove Setelah Kenaikan 1% (3)	0.62
Produksi Bandeng setelah kenaikan 2.74% (kg) (4)	955.48
Produksi bandeng / ha mangrove setelah kenaikan (5) = (4 ÷ 3)	1539.92
Harga Perubahan Produksi Bandeng atas luas mangrove / ha (6) = (5 × Rp 14,548)	Rp 22,403,901.11
Rata-Rata Produksi kepiting (kg) (7)	246.67
Produksi kepiting setelah kenaikan 0.65% (8)	248.27
Produksi kepiting / ha mangrove setelah kenaikan (kg) (9) = (8 ÷ 3)	400.13
Harga Perubahan Produksi Kepiting atas luas mangrove / ha (10) = (9 × Rp 175,283)	Rp 70,135,619.00
Nursery Ground (11) = (6+10)	Rp 92,539,520.11

Nilai tersebut mencerminkan kondisi tambak silvofishery di Desa Tanjung Rejo yang didominasi oleh Rhizophora sp. dengan umur tegakan lebih dari 10 tahun. Kawasan mangrove ini memiliki kandungan bahan organik tinggi dan pH tanah netral hingga sedikit asam akibat akumulasi serasah, sehingga mendukung ketersediaan nutrien bagi mikroba dan biota bentik (Matsui *et al.* 2015). Namun, perubahan hidrologi dan tekanan antropogenik menyebabkan manfaat habitat tersebut tidak dirasakan secara merata oleh seluruh komoditas budidaya, sehingga pengaruh mangrove terhadap produksi ikan nila dan udang tidak signifikan.

Kebutuhan benih ikan bandeng merupakan yang paling rendah dibandingkan dengan komoditas lainnya dimana pembudidaya yakin ikan ini mampu berkembang biak dengan baik dan tidak butuh bibit yang banyak karena mangrove merupakan habitat aslinya dimana akar mangrove berfungsi sebagai tempat pemijahan dan pembibitan, memberikan perlindungan dari predator dan arus kuat. Mangrove juga menyediakan pakan alami seperti plankton dan zooplankton, yang mendukung pertumbuhan ikan bandeng sehingga kebutuhan pakan lebih sedikit disbanding ikan nila (Whitfield 2017; Basyuni *et al.* 2019b).

Ikan bandeng mampu beradaptasi dengan fluktuasi salinitas di perairan mangrove, yang sering berubah antara tawar dan laut. Pada sistem silvofishery pembudidaya yang membibitkan ikan bandeng sebanyak 15 orang, sedangkan ikan nila hanya 9 orang. Sebaliknya pada sistem non-silvofishery yang membibitkan bandeng hanya 4 orang, dan ikan nila 13 orang.

Nilai jasa habitat *nursery ground* dalam penelitian ini sudah mencerminkan biaya restorasi yang dikeluarkan baik oleh pemerintah maupun *non goverment organization* dalam setiap project yang mereka miliki dengan range Rp 1.000-17.000 untuk setiap bibit mangrove yang dibibitkan, kemudian ditanam dan dirawat dengan rentang harga yang sama, biaya untuk melakukan pelatihan pembibitan dan penanaman pada masyarakat desa (kelompok tani), biaya untuk melakukan pelatihan *silvofishery*, dan biaya lain lain terkait *mangrove community based* (Chowdhury *et al.* 2024). Pengurangan biaya pakan dan bibit serta tambahan pendapatan dari hasil panen komoditas utama dan *wild caught fisheries* diperoleh dari luar produksi kolam berkontribusi sebesar 16,5% terhadap total pendapatan bruto budidaya pada area tambak yang memiliki tutupan mangrove, dengan hasil tangkapan meliputi mujair, belanak, udang alam, kakap, siakap, sembilang, kerapu, gabus, dan berbagai spesies perikanan lainnya. (Men'endez *et al.* 2020; Su *et al.* 2021).

Estimasi nilai jasa habitat mangrove memberikan dasar ekonomi bagi integrasi pengelolaan mangrove dalam kebijakan pembangunan perikanan budidaya. Nilai jasa habitat ini dapat dijadikan dasar dalam perumusan kebijakan perlindungan mangrove, pengalokasian anggaran daerah, serta pengembangan insentif bagi pembudidaya untuk mendorong praktik budidaya yang berkelanjutan. (Rönnbäck *et al.* 2007; Aburto-Oropeza *et al.* 2008).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, keberadaan mangrove dalam sistem silvofishery menunjukkan kontribusi positif terhadap produktivitas beberapa komoditas budidaya yang selanjutnya digunakan untuk mengestimasi nilai ekonomi melalui pendekatan *Productivity Change Method*. Nilai sebesar Rp92.539.520/ha/tahun merepresentasikan estimasi kontribusi ekonomi perubahan produktivitas yang berkaitan dengan keberadaan mangrove pada lokasi

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

penelitian, sehingga hasil ini belum mencerminkan keseluruhan nilai jasa habitat mangrove.

Penelitian ini mengestimasi kontribusi ekonomi jasa habitat mangrove terhadap produksi perikanan dan menggunakan luas mangrove sebagai proksi. Fungsi *nursery ground* tidak diukur secara langsung, sehingga kontribusinya belum dapat dipisahkan secara khusus dari fungsi ekologis mangrove lainnya maupun pengaruh faktor lingkungan yang belum tercakup dalam model. Kajian ini hanya mencakup mangrove *Rhizophora* sp. sesuai kondisi Desa Tanjung Rejo dan belum mempertimbangkan kompleksitas interaksi ekosistem, seperti hubungan mangrove, biota lainnya, dan komoditas perikanan. Selain keterbatasan variabel ekologis, penelitian ini juga dibatasi oleh ukuran sampel yang relatif kecil, penggunaan teknik *purposive sampling*, serta potensi bias informasi yang berasal dari data wawancara responden. Faktor kualitas air dan manajemen tambak yang belum dianalisis secara komprehensif dapat memengaruhi ketepatan estimasi nilai ekonomi.

Rekomendasi kebijakan yang diusulkan terutama diarahkan pada upaya mempertahankan fungsi ekologis mangrove yang berasosiasi dengan peningkatan produktivitas budidaya. Rekomendasi teknis lainnya perlu dipertimbangkan bersama hasil penelitian lanjutan yang mencakup aspek biologis, sosial, dan kelembagaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didanai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) pada Program Magister Ekonomi Sumber Daya dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

Aburto-Oropeza O, Ezcurra E, Danemann G, Valdez V, Murray J, Sala E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. www.pnas.org/cgi/content/full/.

Adrianto L. 2006. *Analisis Ekonomi Sumberdaya Pesisir dan Laut*. Bogor: PKSPL-IPB.

Alam M, Rahman M, Ahmed M, Debrot A, Ahsan M, Verdegem M. 2022. Mangrove forest conservation vs shrimp production: Uncovering a sustainable co-management model and policy solution for mangrove greenbelt development in coastal Bangladesh. *For Policy Econ*.

Alvarez L, Otadoy J. 2023. Economic valuation of mangrove forest ecosystem in Zamboanga City, Philippines. *International Journal for Multidisciplinary Research*. 5(6). doi:10.36948/ijfmr.2023.v05i06.9709.

Anneboina LR, Kavi Kumar KS. 2017. Economic analysis of mangrove and marine fishery linkages in India. *Ecosyst Serv*. 24:114–123. doi:10.1016/J.ECOSER.2017.02.004.

Antwi DE, Kuwornu JKM, Onumah EE, Bhujel RC. 2017. Productivity and constraints analysis of commercial tilapia farms in Ghana. *Kasetsart Journal of Social Sciences*. 38(3):282–290. doi:10.1016/J.KJSS.2016.12.001.

Arifanti VB, Malik A, Novita N, Ilham M, Amin M. 2021. Strategi Optimalisasi Potensi Mitigasi Ekosistem Mangrove Indonesia Dalam Pencapaian Target Emisi.

Barbier EB. 2000. Valuing the environment as input: review of applications to mangrove-fishery linkages. Volume ke-35. www.elsevier.com/locate/ecolecon.

Barbier EB, Cox M. 2003. Does economic development lead to mangrove loss? A cross-country analysis. *Contemp Econ Policy*. 21(4):418–432. doi:10.1093/cep/byg022.

Barbier EB, Hacker SD, Kennedy C, Koch EW, Stier AC, Silliman BR. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol Monogr*. 81(2):169–193.

Barbier EB;, Strand IE. 1998. Valuing mangrove-fishery linkages. A case study of Campeche, Mexico. *Environ Resour Econ (Dordr)*. 12(2):151–166. https://hdl.handle.net/10419/154816.

Barbier, Heal M Geofrey. 2006. *Valuing ecosystem services : toward better environmental decision-making*. National Academies Press.

Basyuni M, Nasution K, Bimantara Y, Hayati R, Slamet B, Sulistiyono N. 2019a. Mangrove vegetation supports milkfish production in *silvofishery* pond. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 305. doi:10.1088/1755-1315/305/1/012038.

Basyuni M, Nasution K, Bimantara Y, Hayati R, Slamet B, Sulistiyono N. 2019b. Mangrove vegetation supports milkfish production in *silvofishery* pond. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 305. doi:10.1088/1755-1315/305/1/012038.

Basyuni M, Yani P, Hartini KS. 2018. Evaluation of mangrove management through community-based *silvofishery* in North Sumatra, Indonesia. Di dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volume ke-122. Institute of Physics Publishing.

Beck MW, Heck KL, Able KW, Childers DL, Eggleston DB, Gillanders BM, Halpern B, Hays CG, Hoshino K, Minello TJ, *et al.* 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*. 51(8):633–641. doi:10.1641/0006-3568(2001)051[0633:TICAMO]2.0.CO;2.

Belinda CA, Pribadi R, Ulumuddin YI. 2022. Konektivitas Mangrove dan Terumbu Karang Berdasarkan Komunitas Ikan Karang (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai dan Belitung). *J Mar Res*. 11(4):738–751. doi:10.14710/jmr.v11i4.32346.

Bosire JO, Dahdouh-Guebas F, Walton M, Crona BI, Lewis RR, Field C, Kairo JG, Koedam N. 2008. Functionality of restored mangroves: A review. *Aquat Bot*. 89(2):251–259. doi:10.1016/J.AQUABOT.2008.03.010.

Bosma R, Nguyen T, Siahainenia A, Tran H, Tran H. 2016. Shrimp-based livelihoods in mangrove silvo-aquaculture farming systems. *Rev Aquac*. 8:43–60. doi:10.1111/raq.12072.

Chang Z, Neori A, He Y, Li J, Qiao L, Preston S, Liu P, Li J. 2020. Development and current state of seawater shrimp farming, with an emphasis on integrated multi-trophic pond aquaculture farms, in China – a review. *Rev Aquac*. 12:2544–2558. doi:10.1111/raq.12457.

Chong VC. 2007. Mangroves-Fisheries Linkages-The Malaysian Perspective. *Bull Mar Sci*. 80(3):755–772.

Chowdhury A, Naz A, Maiti S. 2024. Community-based, cost-effective multispecies mangrove restoration innovation to maximize soil blue carbon pool and

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

humic acid and fulvic acid concentrations at Indian Sundarbans. *Environ Sci Pollut Res Int*.

Duke NC., Bochove J-W van. 2014. *The importance of mangroves to people : a call to action*. United Nations Environment Programme.

Eastwood, Nijnik, Brooker, Pakeman, Artz, Norton, Ross, Bullock, Vellinga, Albon, *et al.* 2013. Nature conservation and ecosystem service delivery Eastwood, A) Nature conservation and ecosystem service delivery. www.jncc.defra.gov.uk.

Fao. 2017. The State Of World Fisheries And Aquaculture 2012. www.fao.org/icatalog/inter-e.htm.

Faunce CH,, J. E. Serafy. 2006. Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. *Mar Ecol Prog Ser*. 318:1–18.

Freeman AM, Herriges JA, Kling CL. 2014. *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Ed ke-3. RFF Press.

Getzner M, Islam MS. 2020. Ecosystem services of mangrove forests: Results of a meta-analysis of economic values. *Int J Environ Res Public Health*. 17(16):1–13. doi:10.3390/ijerph17165830.

Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 20(1):154–159. doi:10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x.

Groot De, Brendan Fisher, Mike Christie. 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations.

Hamilton SE, Casey D. 2016. Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*. 25(6):729–738. doi:10.1111/geb.12449.

Hamzah A, Marzuki M, Nurhasanah N, Nurmawati S. 2023. Environmental risk analysis in mangrove and crab conservation areas in Pamusian Village due to land use change in Tarakan City. *Jurnal Ilmiah Global Education*. 4(2). doi:10.55681/jige.v4i2.905.

Harefa MS, Nasution Z, Mulya MB, Maksum A. 2022. *Silvofishery*: In What Mangrove Coverage Condition Can this System Provide Benefits for the Community? *Univers J Agric Res*. 10(3):249–265. doi:10.13189/ujar.2022.100307.

Hastuti E, Budihastuti R. 2016. Potential of mangrove seedlings for utilization in the maintenance of environmental quality within *silvofishery* ponds. *Biotropia: The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*. 23:58–63. doi:10.11598/btb.2016.23.1.606.

Hastuti E, Hastuti R. 2018. Growth characteristics of mangrove seedling in *silvofishery* pond: The allometric relationship of height, diameter and leaf abundance. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 130. doi:10.1088/1755-1315/130/1/012015.

Hidayatullah M, Umroni A. 2013. Pertumbuhan Bakau (Rhizophora Mucronata Lamk) Dan Produktivitas *Silvofishery* Di Kabupaten Kupang.

Hutchison J, Spalding M, Zu Ermgassen P. 2014. The Role Of Mangroves in Fisheries Enhancement. Cambridge, UK. www.nature.org.

Istiqlal Amien, E. Runtunuwu, E. Susanti, E. Surmaini. 2011. Goncangan Iklim Mengancam Ketahanan Pangan Nasional. *PANGAN*. 20(2):121–132.

Jamizan A, Chong V. 2017. Demersal fish and shrimp abundance in relation to mangrove hydrogeomorphological metrics. *Sains Malays*. 46(1):9–19. doi:10.17576/jsm-2017-4601-02.

Jiang L, Hardee K. 2011. How do Recent Population Trends Matter to Climate Change? *Popul Res Policy Rev*. 30(2):287–312. doi:10.1007/s11113-010-9189-7.

Jolly C, Nyandat B, Yang Z, Ridler N, Matias F, Zhang Z, Murekezi P, Menezes A. 2023. Dynamics of aquaculture governance. *J World Aquac Soc*.

Khanjani MH, Sharifinia M. 2021. Production of Nile tilapia Oreochromis niloticus reared in a limited water exchange system: The effect of different light levels. *Aquaculture*. 542:736912. doi:10.1016/J.AQUACULTURE.2021.736912.

KKP. 2024. Capaian Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2020 – 2024.

Kumar P. 2012. *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. Routledge.

Lapolo N, Utina R, Baderan D. 2018. Diversity and density of crabs in degraded mangrove area at Tanjung Panjang Nature Reserve in Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*. 19:1154–1159. doi:10.13057/biodiv/d190351.

Lee SY, Dittmann S. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *J Sea Res*. 59(1–2):1. doi:10.1016/j.seares.2007.07.001.

Lefcheck J, Hughes B, Johnson A, Pfirrmann B, Rasher D, Smyth A, Williams B, Beck M, Orth R. 2019. Are coastal habitats important nurseries? A meta-analysis. *Conserv Lett*. 12. doi:10.1111/conl.12645.

M. Brander L, J. Wagtendonk A, S. Hussain S, McVittie A, Verburg PH, de Groot RS, van der Ploeg S. 2012. Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application. *Ecosyst Serv*. 1(1):62–69. doi:10.1016/j.ecoser.2012.06.003.

Macusi ED, Estor DEP, Borazon EQ, Clapano MB, Santos MD. 2022. Environmental and Socioeconomic Impacts of Shrimp Farming in the Philippines: A Critical Analysis Using PRISMA. *Sustainability*. 14(5):2877. Doi:10.3390/su`4052977

Maja MM, Ayano SF. 2021. The Impact of Population Growth on Natural Resources and Farmers' Capacity to Adapt to Climate Change in Low-Income Countries. *Earth Systems and Environment*. 5(2):271–283. doi:10.1007/s41748-021-00209-6.

Matsui N, Meepol W, Chukwamdee J. 2015. Soil organic carbon in mangrove ecosystems with different vegetation and sedimentological conditions. *J Mar Sci Eng*. 3(4):1404–1424. doi:10.3390/jmse3041404.

Men'endez P, Losada I, Torres-Ortega S, Narayan S, Beck M. 2020. The Global Flood Protection Benefits of Mangroves. *Sci Rep*. 10. doi:10.1038/s41598-020-61136-6.

Molotoks A, Stehfest E, Doelman J, Albanito F, Fitton N, Dawson TP, Smith P. 2018. Global projections of future cropland expansion to 2050 and direct impacts on biodiversity and carbon storage. *Glob Chang Biol*. 24(12):5895–5908. doi:10.1111/gcb.14459.

Mumby PJ. 2006. Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biol Conserv*. 128(2):215–222. doi:10.1016/j.biocon.2005.09.042.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Nozarpour R, Shojaei M, Naderloo R, Nasi F. 2023. Crustaceans functional diversity in mangroves and adjacent mudflats of the Persian Gulf and Gulf of Oman. *Mar Environ Res*. 186:105919. doi:10.1016/j.marenvres.2023.105919.

Ogunremi J, Dauda A, Akor F. 2018. Methods of improving the quality of fish seed supply to fish farmers in Benue State, Nigeria. *Nigerian Journal of Animal Production*. 45(1):99-105 doi:10.51791/njap.v45i1.373

Páez-Osuna F. 2001. The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture: Causes, Effects, and Mitigating Alternatives. *Environ Manage*. 28:131–140. doi:10.1007/s002670010212.

Primavera JH. 1997. Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research*. 28(10):815–827. doi: https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00946.x.

Primavera JH. 2000. Development and conservation of Philippine mangroves: institutional issues. Ecological Economics. 35(1):91-106. doi:10.1016/S0921-8009(00)00170-1

Primavera JH. 2005. Mangroves, fishponds, and the quest for sustainability. *Science (1979)*. 310(5745):57–59.

Putra RS, others. 2025. Prospects for Mangrove Reforestation Using the *Silvofishery* Method in Aquaculture Areas in Bireuen Regency, Aceh. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 24(2):244-257. doi:10.19027/jai.24.2.244-257

Kementrian coordinator bidang kemaritiman dan investasi. 2020. Rencana Strategis Kementrian Bidang Kemaritiman dan Investasi tahun 2020-2024

Rönnbäck P, Crona B, Ingwall L. 2007. The return of ecosystem goods and services in replanted mangrove forests: Perspectives from local communities in Kenya. *Environ Conserv*. 34(4):313–324. doi:10.1017/S0376892907004225.

Rusdianti K, Sunito S. 2012. Forest Conservation and The Role of Local Community in Mangrove Ecosytems Rehabilitations. Sodality: Jurnal sosiologi pedesaan. 6(1):1-17. doi:10.22500/sodality.v6i1.5815.

Sathirathai S. 1998. Economic Valuation of Mangroves and the Roles of Local Communities in the Conservation of Natural Resources: Case Study of Surat Thani, South of Thailand. http://203.116.43.77/publications/research1/ACF9E.html.

Seary RCO. 2019. Mangroves, fisheries and community livelihoods. [dissertation] Cambridge: University of Cambridge

Sheaves M. 2005. Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Mar Ecol Prog Ser*. 302:293–305. doi:10.3354/meps302293.

Shikuku K, Tran N, Joffre O, Islam A, Barman B, Ali S, Rossignoli C. 2021. Lock-ins to the dissemination of genetically improved fish seeds. *Agric Syst*. 188:103042. doi:10.1016/j.agsy.2020.103042.

Simanungkalit NM, Letari W. 2012. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang (1990-2011). *Geografi*. 4(2). doi: https://doi.org/10.24114/jg.v4i2.8067.

Spalding, Mark D, Leal M. 2021. *The State of the World's Mangroves 2021*. Global Mangrove Alliance.

Su J, Friess D, Gasparatos A. 2021. A meta-analysis of the ecological and economic outcomes of mangrove restoration. *Nat Commun*. 12. doi:10.1038/s41467-021-25349-1.

Suyono, Fithor A. 2025. Innovative *silvofishery* model in restored mangrove forests: A 10-year assessment. *Heliyon*. 11. doi:10.1016/j.heliyon.2025.e42043.

Syanya F, Mahadevan H, Khanna A, Mathia W, Mumina P, Litabas J, Sifuna C. 2025. Biosecurity protocols and fish health management in Kenyan fish hatcheries: a key to sustainable production of quality fish seed. *Marine and Fishery Sciences*. 38(1):5-19 doi:10.47193/mafis.3812025010102

Vicent OA, Alavaisha E, Limbu SM. 2025. Nursing Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fry in cages improves growth performance, feed efficiency, condition factor, and growth pattern for stock enhancement. *J Great Lakes Res*. 51(4):102587. doi:10.1016/J.JGLR.2025.102587.

Whitfield A. 2017. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as *nursery* areas and food sources for fishes in estuaries. *Rev Fish Biol Fish*. 27:75–110. doi:10.1007/s11160-016-9454-x.

Wulandari N, Bimantara Y, Sulistiyono N, Slamet B, Amelia R, Basyuni M. 2022. Dynamic System for *Silvofishery* Pond Feasibility in North Sumatera, Indonesia. *Int J Adv Sci Eng Inf Technology*. 12(3):960-966. doi:10.18517/ijaseit.12.3.14199

Yulianto G. 2017. Desain Kebijakan Pengelolaan Terpadu Mangrove Dan Perikanan (Studi Kasus Di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat). Bogor: Institut Pertanian Bogor.

© 2026, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP