

**ANALISIS SISTEM DINAMIK PERIKANAN MULTISPESIES:
STUDI TERHADAP PERIKANAN PELAGIS
DI PELABUHAN PERIKANAN SAMUDRA CILACAP**
*Dynamic System Analysis of Multispecies Pelagic Model in Cilacap
Fisheries Port*

*Krisna Fery Rahmantya¹, Nimmi Zulfainarni² dan Benny Osta Nababan³

¹Program Studi Ekonomi Kelautan Tropika, Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB, Jl. Raya Dramaga, Babakan, Kec. Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat 16680

²Sekolah Bisnis, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Pajajaran, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16128

³Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB, Jl. Raya Dramaga, Babakan, Kec. Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat 166800

Diterima tanggal: 5 Mei 2021; Diterima setelah perbaikan: 20 Mei 2022

Disetujui terbit: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Alat tangkap jaring insang hanyut memiliki kontribusi yang besar terhadap tangkapan di PPS Cilacap. Hasil tangkapannya berupa multispecies pelagis kecil, antara lain, meliputi spesies cakalang (*Katsuwonus pelamis*), spesies tuna kecil mata besar (*Thunus obesus*), dan spesies layur (*Trichiurus lepturus*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebijakan usaha perikanan multispecies pelagis dengan alat tangkap jaring insang hanyut dalam hubungan antara subsistem ekologi, subsistem ekonomi, dan subsistem sosial serta menyimulasikan skenario kebijakan dalam rangka peningkatan produksi perikanan berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data *time series* selama 10 tahun (2010—2019). Metode analisis data yang digunakan adalah analisis sistem dinamik. Hasil simulasi model dinamik untuk 30 tahun mendatang menunjukkan bahwa dalam usaha perikanan multispecies pelagis terdapat pola tangkapan yang bergantian pada spesies yang ditangkap setiap tahun sehingga diperlukan pengaturan tangkapan spesies secara bergantian dan tidak berfokus pada satu spesies saja. Rata-rata median renten ekonomi untuk keempat spesies pelagis terbesar mencapai Rp136,96 triliun dengan rata-rata pertumbuhan jumlah nelayan jaring insang hanyut mencapai 9 nelayan/tahun. Skenario kebijakan yang berupa pengaturan jumlah kapal sangat berpengaruh dalam upaya penangkapan (*effort*) sehingga dapat memberikan penghematan pada penggunaan biomassa/stok dalam waktu yang lebih lama.

Kata Kunci: pelagis, jaring insang hanyut, analisis sistem dinamik, PPS Cilacap.

ABSTRACT

Drift gill net fishing has a considerable contribution to the catch at PPS Cilacap. The catch is small pelagic multispecies, includes skipjack tuna (Katsuwonus pelamis), big eyes little tuna (Thunus Obesus), layur species (Trichiurus lepturus) and other fish. This study aims to analyze the policy of pelagic multispecies fishery business using drifting gill nets and its relationship with ecological sub-systems, economic sub-systems and social sub-systems and to simulate policy scenarios to increase sustainable fisheries production. This study analyzed secondary data, a time series data for ten years (2010-2019), using dynamic systems analysis. The dynamic model simulation on the results for the next 30 years shows a catch pattern alternating between species every year in pelagic multispecies fisheries. Therefore, it is necessary to arrange catches of the species alternately and avoid focusing on just one species. The average median economic rent for the four largest pelagic species is IDR136.96 trillion with an average growth of gill net fishers reaching nine fishers/year. The policy scenario in which regulating the number of ships is essential on the catching effort as it may reserve the use of biomass/stock for a longer time.

Keywords: pelagic, drift gill net, dynamic system analysis, PPS Cilacap.

*Korespondensi Penulis:

email: krisnafr@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v17i1.9968>

PENDAHULUAN

Salah satu tempat pendaratan ikan di Samudra Hindia adalah di Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) Cilacap, Jawa Tengah (PPS Cilacap, 2020a). Alat tangkap jaring insang hanyut merupakan salah satu alat tangkap yang mendominasi produksi tangkapan di PPS Cilacap pada tahun 2010—2019 dengan rata-rata produksi perikanan yang dihasilkan alat tangkap jaring insang hanyut pada tahun 2010—2019 sebesar 23,10% dari keseluruhan produksi perikanan yang didaratkan di PPS Cilacap. Tangkapan rata-rata jaring insang hanyut pada tahun 2010—2019 bersifat multispecies dengan jenis ikan terbanyak adalah ikan pelagis, antara lain, cakalang sebesar 28,80%, tuna kecil mata besar sebesar 9,74%, layur sebesar 12,57%, dan ikan lainnya sebesar 48,89%. Pertumbuhan produksi cakalang mencapai 35,71%, pertumbuhan produksi tuna kecil mata besar sebesar 130,08%, pertumbuhan produksi layur sebesar 141,86%, dan pertumbuhan produksi ikan lainnya (ikan paruh panjang, lemadang, madidihang, cucut, udang, cumi, dan lain-lain) sebesar 27,72% (PPS Cilacap, 2019). Keseluruhan eksploitasi sumber daya perikanan yang ditangkap menggunakan alat tangkap jaring insang hanyut dalam periode 2010—2019 mengalami perkembangan yang pesat dengan pertumbuhan mencapai 24,94% (PPS Cilacap, 2020b). Dominasi jaring insang, terutama jaring insang hanyut, di PPS Cilacap dipengaruhi oleh faktor budaya karena nelayan secara turun-menurun terbiasa menggunakan jaring insang, terutama jaring insang hanyut sejak lama karena cara pengoperasian jaring insang hanyut yang efisien (Hastuti *et al.*, 2013). Dominasi tersebut terlihat dari pertumbuhan jumlah alat tangkap jaring insang hanyut sejak tahun 2004 hingga 2019 sebesar 1,47% (PPS Cilacap, 2010).

Statistik tersebut menunjukkan bahwa potensi alat tangkap jaring insang hanyut dalam proses produksi penangkapan perlu mendapatkan perhatian terkait dengan hubungan dengan aspek ekologi, ekonomi, dan sosial dalam pengelolaan perikanan. Pengelolaan perikanan yang tepat diperlukan untuk pembangunan perikanan yang bersifat multidimensi sehingga terjadi interaksi di antara berbagai komponen di dalamnya. Oleh karena itu, terdapat *trade off* dalam pengelolaan perikanan yang menunjukkan irisan dari aspek ekologi, ekonomi, dan sosial tersebut sehingga pengelolaan perikanan memerlukan pemahaman

aspek sumber daya (biologi) dan aspek masyarakat (pelaku) yang terlibat dalam kegiatan perikanan (Fauzi, 2010). Kebijakan dan strategi terkait dengan pengelolaan perikanan cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya yang ditangkap dengan alat tangkap jaring insang hanyut dapat disimulasikan dengan model dinamis. Model dinamis diperlukan dalam penelitian ini karena sumber daya perikanan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dan dinamis. Sumber daya perikanan adalah aset (kapital) yang dapat bertambah dan berkurang secara alamiah karena intervensi manusia. Seluruh dinamika alam dan intervensi manusia memengaruhi, baik langsung maupun tidak langsung, kondisi sumber daya perikanan tersebut sepanjang waktu (Fauzi & Anna, 2005).

Dalam pengelolaan sumber daya ikan terdapat keterkaitan antara aspek biologi dan aspek ekonomi. Aspek biologi secara umum menyangkut aspek proses produk alamiah (*natural production*) dan aspek kondisi lingkungan perairan. Karakteristik dari analisis biologi perikanan menjadi masukan bagi analisis ekonomi. Tiga faktor aspek ekonomi yang memengaruhi analisis ekonomi adalah aspek pasar (harga, biaya, suku bunga) serta aspek nonpasar (nilai-nilai instrinsik nonkonsumtif), aspek preferensi konsumen dan produsen yang terlibat dalam kegiatan perikanan (akan menentukan perilaku permintaan dan penawaran), dan aspek aktivitas ekonomi (Zulbainarni, 2016). Keluaran (*output*) dari kedua aspek tersebut menghasilkan analisis model bioekonomi yang juga akan menjadi *feedback* atau umpan balik untuk aspek ekonomi dan aspek biologi (Fauzi, 2010). Persoalan itu tepat dimodelkan dengan model dinamis karena mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu) dan struktur fenomena mengandung paling sedikit satu struktur umpan balik (*feedback structure*) (Tasrif, 2006).

Model dinamis yang dibangun dalam penelitian ini adalah untuk melihat pengelolaan sumber daya perikanan pelagis kecil dengan alat tangkap jaring insang hanyut di PPS Cilacap. Penelitian ini bertujuan untuk menyimulasikan skenario kebijakan dalam rangka pengelolaan perikanan berkelanjutan untuk usaha perikanan multispecies pelagis dengan alat tangkap jaring insang hanyut yang terkait dengan subsistem ekologi, subsistem ekonomi, dan subsistem sosial melalui analisis sistem dinamik.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus di PPS Cilacap dengan fokus penelitian di lokasi pendaratan utama kapal-kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut sebagai basis pendaratan, yaitu PPS Cilacap. Wilayah penangkapan kapal-kapal tersebut, antara lain, ialah perairan Kabupaten Cilacap, perairan Palabuhanratu, perairan Prigi Kabupaten Trenggalek, perairan Kabupaten Pangandaran, perairan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dan sebagian perairan Provinsi Sumatra Barat. Produksi ikan dari kapal bongkar merupakan ikan tangkapan kapal perikanan dengan alat tangkap pancing, jaring insang, dan pukat tarik yang beroperasi di WPP 573 dan WPP 572 (PPS Cilacap, 2020a). Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi hanya agar dapat menggambarkan kondisi di wilayah penangkapan kapal-kapal tersebut dan tidak dapat digunakan untuk menggambarkan secara umum permasalahan kondisi tangkap lebih (*overfishing*) di Samudra Hindia (WPP 573). Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2020 s.d. Januari 2021.

Jenis, Sumber, dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data *time series* selama 10 tahun (2010—2019). *Effort* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *nominal fishing effort* yang diukur dari trip atau jumlah hari melaut. Data sekunder dikumpulkan dari publikasi PPS Cilacap, antara lain, meliputi (1) data produksi hasil tangkapan cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya; (2) jumlah hari melaut untuk tiap-tiap kapal dan alat tangkap berdasarkan ukuran tiap-tiap spesies; (4) jumlah anak buah kapal; (5) harga ikan dan nilai produksi ikan; dan (6) identitas kapal.

Metode Analisis Data

Analisis sistem dinamis digunakan untuk menganalisis kebijakan usaha perikanan multispesies pelagis kecil dengan alat tangkap jaring insang hanyut dalam hubungan antara subsistem ekologi, subsistem ekonomi, dan subsistem sosial serta untuk mengetahui dinamika pemanfaatan dan pengelolaan perikanan jaring insang hanyut di PPS Cilacap. Model dinamis dibangun berdasarkan model multispesies cakalang, tuna kecil mata

besar, layur, dan ikan lainnya. Analisis sistem dinamis merupakan pendekatan yang digunakan untuk memahami tingkah laku (*behaviour*) suatu model dengan sistem (sekumpulan komponen yang saling berhubungan) yang bersifat kompleks di dalam suatu interval waktu tertentu (Prahasta, 2018). Secara substansial, ada dua alasan yang mendasari pentingnya penggunaan sistem dinamik, yaitu (1) metode sistem dinamik merupakan proses menyeluruh dan terpadu yang mampu menyederhanakan kerumitan tanpa kehilangan esensi atau unsur utama dari objek yang menjadi perhatian dan (2) metode sistem dinamik sesuai untuk menganalisis mekanisme, pola, dan kecenderungan sistem berdasarkan analisis terhadap struktur dan perilaku sistem yang rumit (Muhammadi *et al.*, 2001). Tahapan dalam analisis sistem dinamik pada penelitian ini dibentuk berdasarkan urutan sebagai berikut: analisis kebutuhan, formulasi permasalahan, identifikasi sistem, permodelan sistem (menyusun *Casual Loop Diagram* dan *Stock Flow Diagram*) (KKP, 2014). Simulasi model dilakukan dengan menggunakan program Vensim PLE v3 dengan tahun dasar 2020 dan estimasi tahun peramalan dalam jangka waktu 30 tahun (estimasi untuk tahun 2020—2050).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut dalam penelitian ini berjumlah 557 unit kapal dan rata-rata 150 unit kapal/tahun dalam periode tahun 2010—2019. Kapal perikanan pada umumnya terbuat dari bahan campuran (kayu berlapis fiber). Kapal sebagian besar menggunakan *inboard engine* dengan ukuran kapal antara 15—70 GT, rata-rata panjang 15 meter, rata-rata lebar 4 meter, rata-rata tinggi 1,5 meter, dan jumlah tenaga kerja di kapal sejumlah rata-rata 8—12 orang per kapal. Rata-rata lama melaut kapal jaring insang hanyut adalah 20 hari. Alat tangkap jaring insang hanyut yang digunakan berbahan *multifilament* terbuat dari nilon yang dipilin 12—13 senar milenium dengan ukuran mata jaring ± 5 cm atau 2 inci. Jaring insang hanyut yang digunakan termasuk dalam klasifikasi jaring insang hanyut di permukaan air dengan tinggi 5—15 meter dan jaring insang hanyut di pertengahan air dengan tinggi 5—10 meter. Hal yang sama terkait dengan kondisi teknis alat tangkap jaring insang hanyut tersebut terdapat juga dalam penelitian Hastuti *et al.* (2013).

Musim puncak cakalang terjadi pada bulan Juni hingga Oktober, tuna kecil mata besar mengalami musim puncak pada bulan April hingga Oktober, dan layur mengalami musim puncak pada bulan Agustus hingga September. CPUE perikanan jaring insang hanyut untuk menangkap multispecies di PPS Cilacap mengalami kecenderungan yang fluktuatif dengan tren yang meningkat. Hal itu karena produksi (*catch*) yang dihasilkan dari setiap upaya penangkapan (*effort*) yang dilakukan menunjukkan kecenderungan yang meningkat dinamis. CPUE (produktivitas) jaring insang hanyut tertinggi terjadi pada tahun 2015 dan 2019. Hal itu menunjukkan bahwa tren tingkat eksploitasi sumber daya multispecies ikan yang ditangkap dengan jaring insang hanyut makin produktif dengan tingkat pertumbuhan produktivitas mencapai 20,64%. Namun, hubungan antara upaya penangkapan (*effort*) dan CPUE perikanan jaring insang hanyut berkorelasi negatif sebesar 0,4351. Artinya, makin tinggi upaya penangkapan (*effort*) menyebabkan makin rendah CPUE perikanan jaring insang hanyut atau makin tidak produktif alat tangkap jaring insang hanyut untuk digunakan dalam kegiatan penangkapan ikan. Kelimpahan sumber daya ikan di perairan WPP 573 merujuk

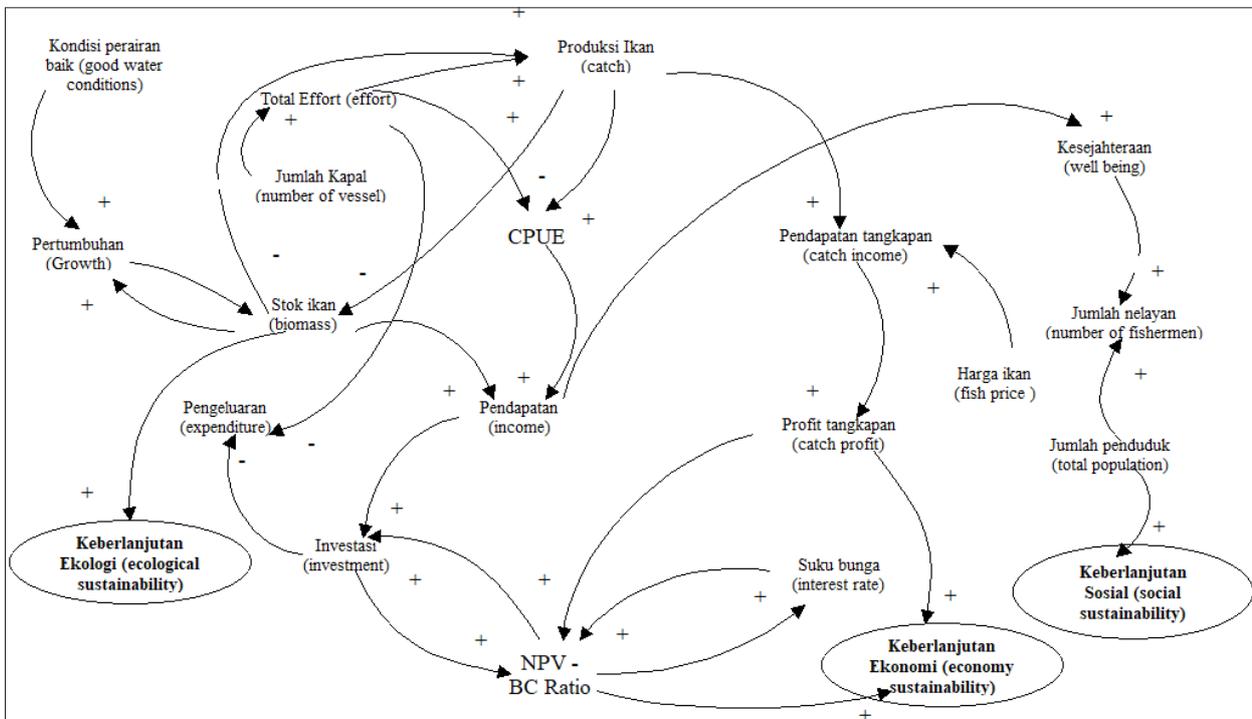
pada penelitian Ratnawati (2017), Triyono *et al.* (2019), Lalli & Parson (1994), dan Wagiyono *et al.* (2018).

Analisis Sistem Dinamik

Analisis Kebutuhan

Dalam tahapan ini dilakukan analisis terhadap kebutuhan pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait dengan pemanfaatan perikanan pelagis kecil di PPS Cilacap sebagai suatu sistem. Dalam penelitian ini diidentifikasi pemangku kepentingan yang terlibat sebagai berikut:

1. nelayan, yaitu pelaku perikanan yang terlibat secara langsung dalam aktivitas penangkapan ikan di perairan PPS Cilacap yang dalam penelitian ini terdiri atas nakhoda dan anak buah kapal;
2. pengusaha perikanan, yaitu pelaku perikanan yang terlibat dalam aktivitas penyediaan kapal dan perdagangan hasil tangkapan di PPS Cilacap;
3. konsumen, yaitu pelaku perikanan yang memanfaatkan hasil tangkapan di PPS Cilacap;
- dan
4. pemerintah (PPS Cilacap), yaitu pelaku



Gambar 1 Causal Loop Diagram Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Pelagis Kecil dengan menggunakan Alat Tangkap Jaring Insang Hanyut di PPS Cilacap (Figure 1 Causal Loop Diagram of Small Pelagic Fishery Resource Management using Drift Gill Net at PPS Cilacap)

Sumber: Naufal (2014) dan Naufal (2015) dimodifikasi (Source: Naufal (2014) and Naufal (2015) modified)

perikanan yang memegang kebijakan kegiatan pengelolaan perikanan di perairan PPS Cilacap.

Formulasi Masalah

Analisis permasalahan bertujuan untuk mendapatkan penyelesaian dalam sistem sehingga sistem dapat bekerja secara konstruktif dalam rangka mencapai tujuan sistem. Permasalahan dalam pengelolaan perikanan di PPS Cilacap, antara lain, ialah sebagai berikut.

1. Stok dan tingkat kelestarian sumber daya perikanan cakalang, tuna kecil mata besar, layur dan ikan lainnya yang ditangkap dengan jaring insang hanyut di PPS Cilacap yang sudah berkurang (PPS Cilacap, 2020b; Rahmantya, 2021).
2. Pendapatan nelayan dan pelaku usaha perikanan yang masih rendah.
3. Penyerapan tenaga kerja sektor perikanan yang masih rendah.

Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem digunakan untuk mendeskripsikan sistem dalam bentuk diagram sebab akibat (*causal loop diagrams*) sehingga terlihat hubungan umpan-balik (*feedback loops*) yang terjadi di antara variabel yang terdapat di dalam sebuah model. *Causal loop diagram* dibangun dengan mengilustrasikan hubungan variabel dalam sistem yang mempunyai umpan balik (Firmansyah, 2015). *Causal loop diagram* pengelolaan perikanan pelagis terdapat dalam Gambar 1 yang menjelaskan bahwa peningkatan produksi ikan disebabkan oleh peningkatan stok ikan, sedangkan peningkatan stok ikan disebabkan oleh kondisi perairan yang baik. Peningkatan stok ikan dapat mencapai keberlanjutan ekologi. Hal tersebut juga meningkatkan pendapatan dan keuntungan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan nelayan. Pendapatan yang meningkat juga dapat meningkatkan profit tangkapan sehingga dapat mendukung keberlanjutan ekonomi. Peningkatan ekonomi tersebut dapat meningkatkan kesejahteraan nelayan dan jumlah nelayan sehingga dapat mencapai keberlanjutan sosial di bidang perikanan.

Model dinamis yang dibangun dalam penelitian ini adalah untuk melihat pengelolaan sumber daya perikanan pelagis kecil dengan alat tangkap jaring insang hanyut di PPS Cilacap serta untuk melihat hubungan tersebut dengan pendapatan dan investasi terhadap alat tangkap jaring insang hanyut. Low *et al.* (1999) menyatakan bahwa sumber daya alamiah dipengaruhi oleh

interaksi antara (1) pertumbuhan alami dan kematian alami tanpa campur tangan manusia, (2) fluktuasi ekologi, (3) peraturan penangkapan, dan (4) transfer biologis dari satu sistem ekologi ke sistem ekologi yang lain. Penelitian ini menggunakan tiga submodel sesuai dengan aspek keberlanjutan (Charles, 2001), yaitu

1. submodel ekologi yang menggambarkan biomassa sumber daya cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya serta menggambarkan *effort* (E), penangkapan (*catch*), nilai pertumbuhan intrinsik (*r*), dan daya dukung lingkungan (*K*);
2. submodel ekonomi yang menggambarkan keuntungan, total penerimaan, total biaya, serta biaya investasi; dan
3. submodel sosial yang diasumsikan menggambarkan kenaikan jumlah penduduk dan jumlah nelayan di Kabupaten Cilacap.

Simulasi Model

Simulasi dari hasil pemodelan sistemik digunakan untuk melihat pola kecenderungan perilaku model. Hasil simulasi model dianalisis pola dan kecenderungannya, ditelusuri faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pola dan kecenderungan tersebut, serta dijelaskan bagaimana mekanisme kejadian tersebut berdasarkan analisis struktur model (KKP, 2014). Hasil tiap-tiap submodel dalam model dinamis pengelolaan sumber daya perikanan pelagis kecil dengan alat tangkap jaring insang hanyut di PPS Cilacap terdapat dalam penjelasan berikut ini.

Submodel Ekologi

Submodel ekologi dibangun berdasarkan pendekatan biologi ikan dan ekonomi dengan tujuan kelestarian sumber daya perikanan (model bioekonomi). Kegiatan perusahaan sumber daya perikanan tangkap memiliki karakteristik, yaitu biomassa/stok ikan yang tersedia memiliki jumlah tertentu karena ditentukan oleh daya dukung alam atau lingkungannya (Zulbainarni, 2016). Submodel ini juga menggambarkan nilai pertumbuhan intrinsik (*r*), koefisien kemampuan tangkap (*q*), daya dukung lingkungan (*K*), biomassa/stok dan *effort*. Parameter *r*, *q*, dan *K* diperoleh melalui pendekatan penghitungan model surplus produksi Walters dan Hilborn seperti dalam Tabel 1, sedangkan biomassa/stok dan *effort* diperoleh dengan cara substitusi parameter *r*, *q*, dan *K* pada persamaan biomassa/stok dan *effort* rezim pengelolaan *maximum sustainable yield* (MSY) seperti dalam Tabel 2. Penghitungan

Tabel 1 Nilai Parameter Biologi Multispesies Sumber Daya Perikanan Jaring Insang Hanyut dengan Menggunakan Model Surplus Produksi Walters dan Hilborn
(Table 1 Biological Parameter Value of Multispesies Fishery Resources Drift Gill Net Using Walters and Hilborn Production Surplus Models)

No.	Spesies (Species)	r (%)	q (Ton)	K (Ton)
1	Cakalang (<i>Skipjack</i>)	3.14	1.33E-04	1,199.60
2	Tuna Kecil Mata Besar (<i>Big Eye Little Tuna</i>)	5.30	1.02E-04	562.49
3	Layur (<i>Layur</i>)	3.71	2.67E-04	538.47
4	Ikan Lainnya (<i>Other Fish</i>)	1.10	2.98E-05	28,457.33

Tabel 2 Nilai Effort € MSY dan Biomassa/Stok (x) MSY Multispesies Sumber Daya Perikanan Jaring Insang Hanyut di PPS Cilacap
(Table 2 Value of Effort (E) MSY and Biomass/Stock (x) MSY Multispesies Fishery Resources Drift Gill Net at PPS Cilacap)

No.	Spesies (Species)	E (Trip)/Effort (number of trip)	x (Ton)/biomass/stock
1	Cakalang (<i>Skipjack</i>)	11,827.17	599.80
2	Tuna Kecil Mata Besar (<i>Big Eye Little Tuna</i>)	26,033.37	281.25
3	Layur (<i>Layur</i>)	6,930.18	269.24
4	Ikan Lainnya (<i>Other Fish</i>)	18,532.10	14,228.67

Tabel 3 Koefisien Ketergantungan Antarspesies dalam Multispesies Sumber Daya Perikanan Jaring Insang Hanyut di PPS Cilacap
(Table 3 Coefficient of Dependence Multispesies Fishery Resources Drift Gillnets at PPS Cilacap)

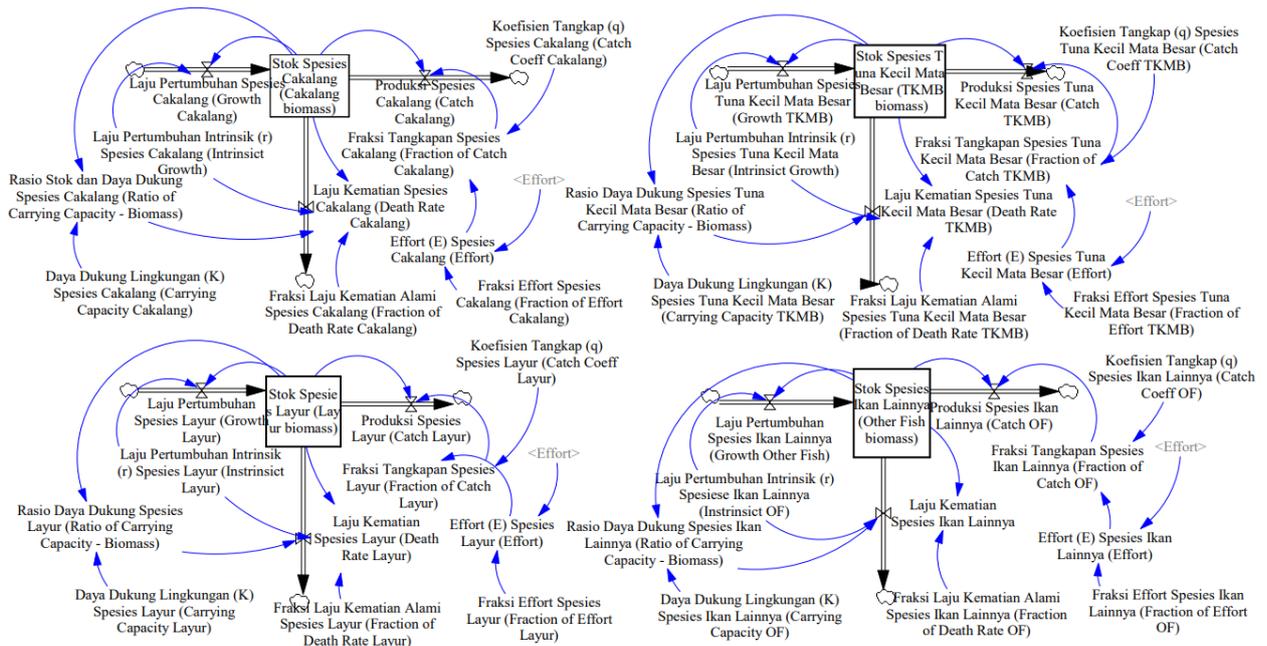
No.	Spesies (Species)	Koefisien Ketergantungan (Coefficient of Dependence)
1	Cakalang (<i>Skipjack</i>)	-4.6106E-10
2	Tuna Kecil Mata Besar (<i>Big Eye Little Tuna</i>)	-1.3636E-10
3	Layur (<i>Layur</i>)	-2.6253E-10
4	Ikan Lainnya (<i>Other Fish</i>)	-3.8563E-09

pendekatan biologi ini dilakukan seperti pada penelitian bioekonomi spesies tunggal oleh Sari *et al.* (2008), Pangesti *et al.* (2015) dan Sari *et al.* (2018) dan penelitian bioekonomi multispesies oleh Zulbainarni *et al.* (2011), Zulbainarni & Purnama (2014), dan Zulbainarni (2016). Berdasarkan Rahmantya (2021), koefisien ketergantungan antarspesies dalam sumber daya perikanan jaring insang hanyut di PPS Cilacap bertanda negatif. Artinya adalah cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya yang ditangkap dengan alat jaring insang hanyut di PPS Cilacap saling berkompetisi. Hal itu dapat terjadi karena semua spesies memakan jenis makanan yang sama, yaitu ikan kecil, sefalopoda, dan moluska (Itano, 2004; Nasution *et al.*, 2018; Fishbase, 2020). Koefisien ketergantungan tersebut terdapat dalam Tabel 3.

Gambar 2 menunjukkan submodel ekologi yang menggambarkan masukan (*input*) submodel ekologi, yaitu koefisien kemampuan tangkap (q), nilai pertumbuhan intrinsik (r), daya dukung

lingkungan (K), biomassa/stok sumber daya, *effort*, dan laju kematian alami untuk cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya. Biomassa/stok dalam model submodel ekologi disusun dari penjumlahan biomassa/stok dengan selisih antara laju pertumbuhan spesies, laju kematian spesies, dan produksi spesies. Biomassa/stok spesies yang besar mengindikasikan bahwa rata-rata produksi spesies lebih rendah daripada laju pertumbuhan spesies dan laju kematian spesies yang bersifat konstan. Keluaran submodel ekologi adalah produksi tiap-tiap spesies yang akan memengaruhi pendapatan total pada submodel ekonomi.

Gambar 3 menjelaskan bahwa cakalang, tuna kecil mata besar, dan layur mempunyai sifat berkompetisi dalam hal makanan. Selain itu, semua spesies berdampingan dengan kelimpahan yang saling heterogen dalam ekosistem di perairan PPS Cilacap dan sekitarnya. Hubungan itu menjelaskan juga bahwa jika estimasi produksi cakalang mengalami kenaikan, estimasi produksi tuna kecil



Gambar 2 Model Dinamis Submodel Ekologi
 (Figure 2 Dynamic Model of Ecological Sub-Model)

Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))

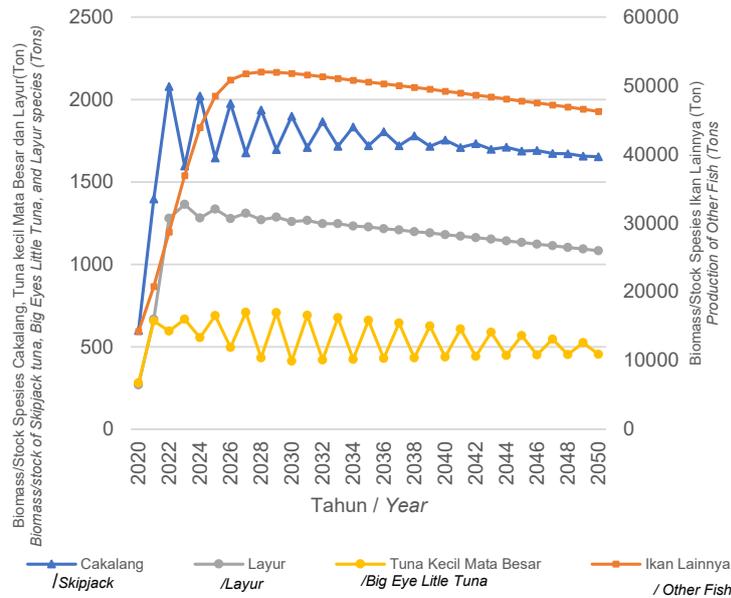


Gambar 3 Estimasi Produksi Cakalang, Tuna Kecil Mata Besar, Layur, dan Ikan Lainnya Tahun 2020—2050
 (Figure 3 Production Estimation of Skipjack, Big Eyes Little Tuna, Layur, and Other Fish in 2020-2050)

Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))

mata besar dan layur mengalami penurunan dan begitu pula sebaliknya, jika estimasi produksi cakalang mengalami penurunan, estimasi produksi tuna kecil mata besar dan layur mengalami kenaikan. Produksi perikanan multispecies pelagis kecil menunjukkan pola yang konstan, tetapi cenderung meningkat dengan rata-rata pertumbuhan produksi

sebesar 7,4% per tahun dalam jangka waktu 30 tahun ke depan. Gambar 4 menunjukkan kondisi biomassa/stok cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya yang dalam jangka waktu 30 tahun mengalami kecenderungan berkurang dengan rata-rata pertumbuhan biomassa/stok sebesar 6,79% per tahun.



Gambar 4 Estimasi Biomassa/Stok Cakalang, Tuna Kecil Mata Besar, Layur, dan Ikan Lainnya Tahun 2020—2050

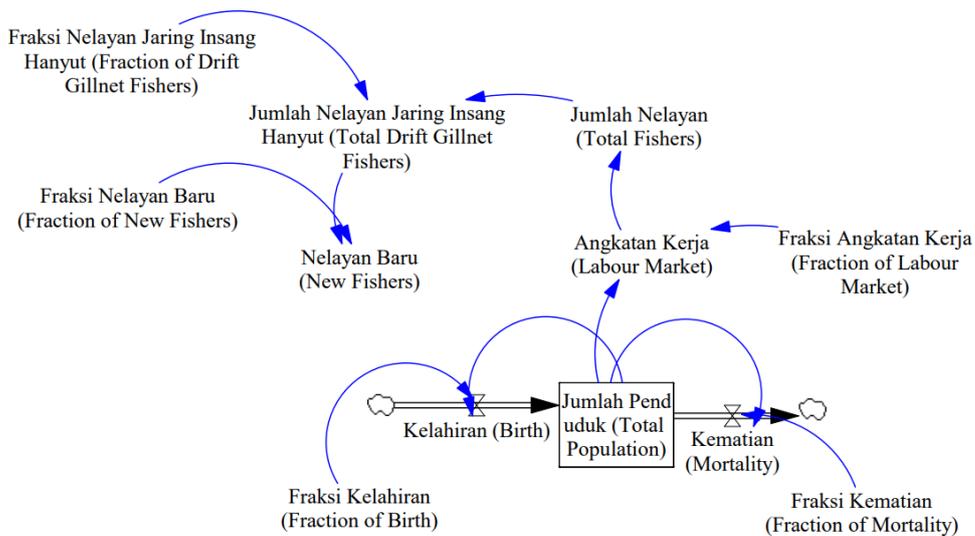
(Figure 4 Estimation of Biomass/Stock of Skipjack, Big Eyes Little Tuna, Layur, and Other Fish in 2020-2050)

Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))

Submodel Sosial

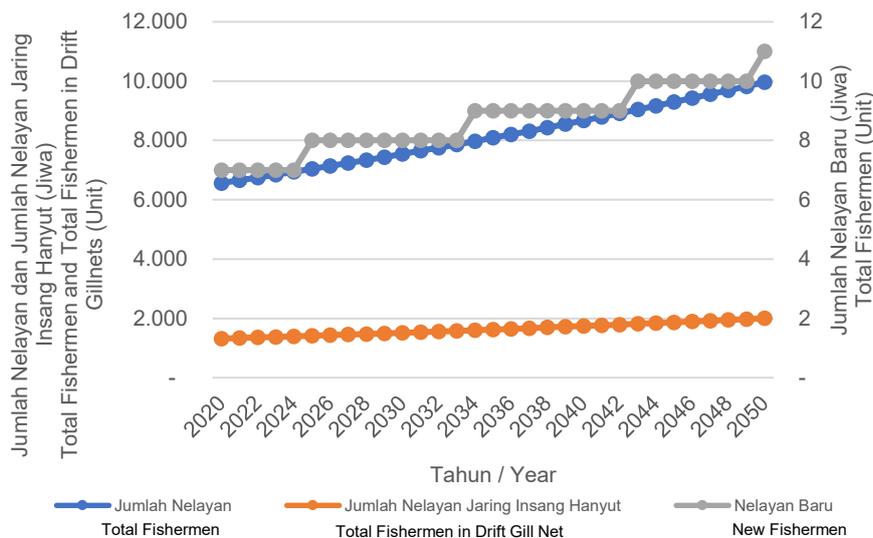
Submodel sistem sosial dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Perubahan jumlah penduduk, kenaikan dan penurunan jumlah angkatan kerja, dan kenaikan dan penurunan jumlah pengangguran di Kabupaten Cilacap, serta peranan sektor perikanan mengurangi tingkat pengangguran. BPS (2021) mencatat bahwa berdasarkan hasil Survei Angkatan Kerja

Nasional (Sakernas), jumlah angkatan kerja di Kabupaten Cilacap Tengah tahun 2020 mencapai 888.218 jiwa. Tingkat partisipasi angkatan kerja penduduk Kabupaten Cilacap tercatat sebesar 67,79%, sedangkan tingkat pengangguran terbuka di Kabupaten Cilacap sebesar 9,10%. Berdasarkan rata-rata pertumbuhan jumlah nelayan dari Statistik PPS Cilacap (PPS Cilacap, 2020b), jumlah nelayan baru ialah sebesar 0,5% dari jumlah nelayan jaring



Gambar 5 Model Dinamis Submodel Sosial
(Figure 5 Dynamic Model of Social Submodel)

Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 [processed])



Gambar 6 Estimasi Perkembangan Jumlah Nelayan, Jumlah Nelayan Jaring Insang Hanyut, dan Jumlah Nelayan Baru Tahun 2020—2050
(Figure 6 Estimation of Number of Fishermen, Number of Drift Gill Nets Fishermen and Number of New Fishermen in 2020-2050)

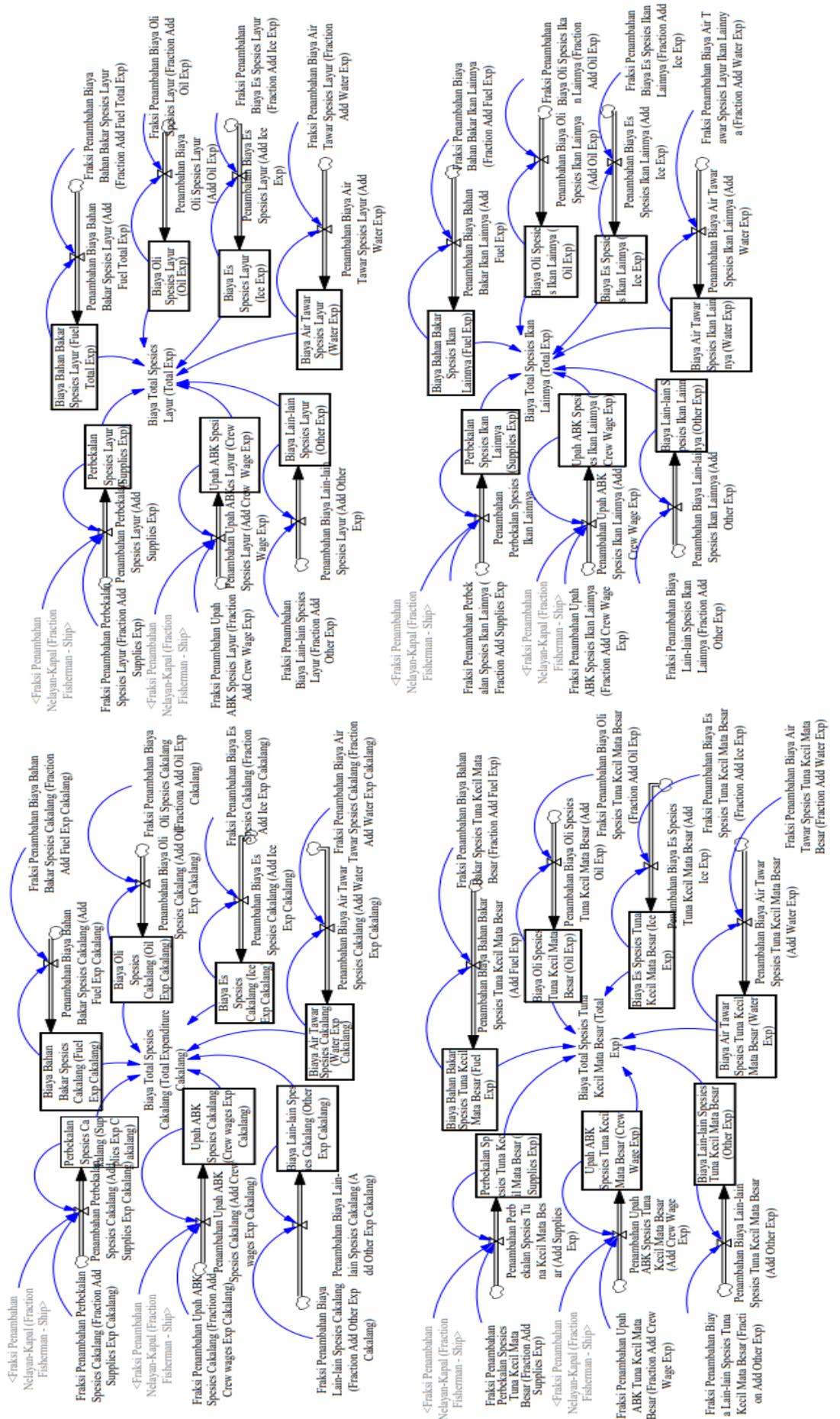
Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))

insang. Jumlah nelayan jaring insang ialah sebesar 20% dari jumlah nelayan yang terdapat di PPS Cilacap. Jumlah nelayan ialah sebesar 0,78% dari jumlah angkatan kerja di Kabupaten Cilacap (BPS, 2021). Pertambahan jumlah penduduk diiringi pertambahan jumlah angkatan kerja, tetapi tidak diimbangi dengan peningkatan lapangan kerja sehingga dibutuhkan lapangan pekerjaan baru untuk mengurangi tingkat pengangguran.

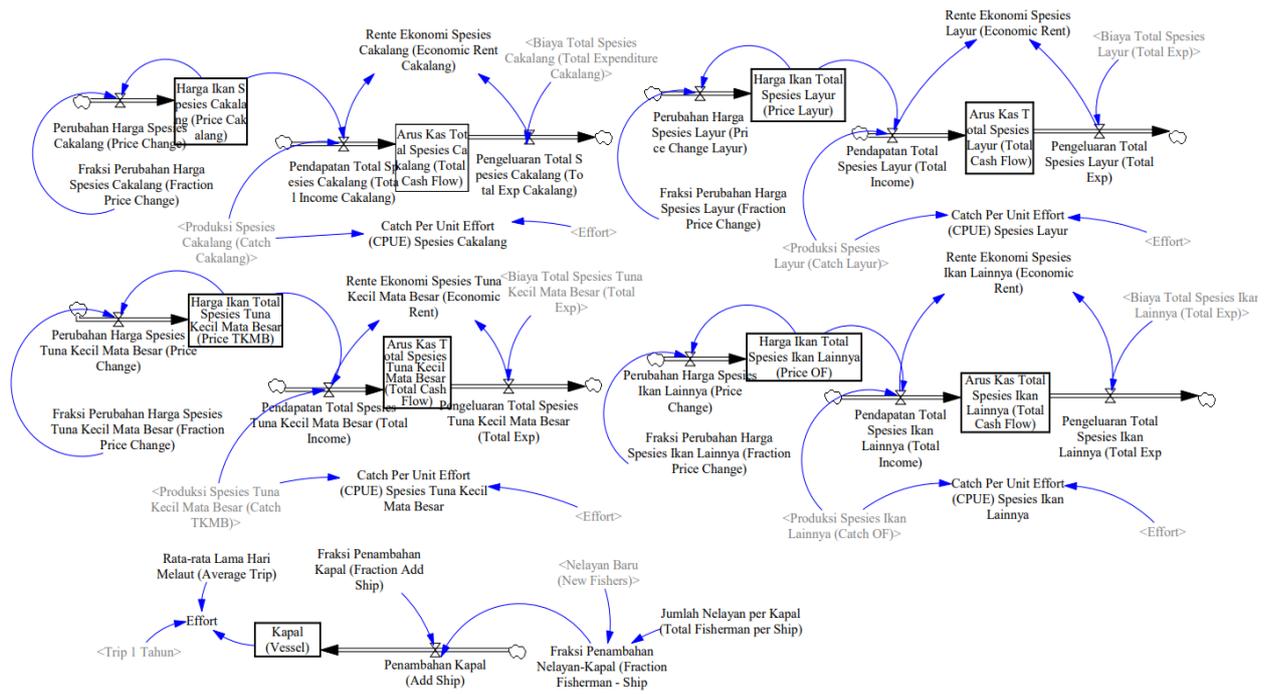
Gambar 6 menjelaskan bahwa berdasarkan data PPS Cilacap (2020b), rata-rata distribusi jumlah nelayan terhadap angkatan kerja di Kabupaten Cilacap hanya sebesar 0,78% dari angkatan kerja. Sementara itu, rata-rata distribusi jumlah nelayan jaring insang hanyut terhadap jumlah nelayan ialah sebesar 20% dan pertumbuhan jumlah nelayan jaring insang hanyut hanya 1% sehingga tren jumlah nelayan jaring insang hanyut lebih lambat dibandingkan dengan tren jumlah penduduk, angkatan kerja, dan jumlah nelayan. Estimasi jumlah penduduk Kabupaten Cilacap tahun 2050 diperkirakan mencapai 2.940.120 jiwa dengan estimasi angkatan kerja tahun 2050 mencapai 1.277.190 jiwa. Selanjutnya, estimasi jumlah nelayan tahun 2050 mencapai 9.963 jiwa termasuk jumlah nelayan jaring insang hanyut mencapai 2.003 jiwa dan estimasi nelayan baru hingga tahun 2050 mencapai 269 jiwa dengan rata-rata penambahan nelayan baru mencapai 9 jiwa per tahun.

Submodel Ekonomi

Submodel Ekonomi dapat ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Submodel ekonomi terdiri atas variabel harga ikan, biaya perbekalan, pendapatan total, pengeluaran total, renten ekonomi, dan jumlah kapal. Submodel ekonomi juga merujuk pada penelitian Suhana *et al.* (2019), Nababan (2020), dan Nababan *et al.* (2020). Harga ikan dari tiap-tiap spesies merupakan rata-rata harga riil tiap-tiap spesies dengan rata-rata kenaikan harga ikan per tahun sebesar 5% dalam jangka waktu 30 tahun. Biaya total terdiri atas biaya bahan bakar, biaya oli, biasa es, biaya air tawar, upah ABK, perbekalan, dan biaya lain-lain. Estimasi biaya-biaya tersebut diperoleh dari rata-rata setiap biaya selama 10 tahun (2010—2019) ditambah dengan rata-rata kenaikan setiap biaya tersebut selama 10 tahun (2010—2019). Pendapatan total merupakan perkalian setiap harga ikan dengan setiap produksi spesies. Pengeluaran total merupakan biaya total yang terdiri atas biaya-biaya seperti yang telah disebutkan sebelumnya, sedangkan renten ekonomi merupakan selisih dari pendapatan total dan pengeluaran total. Penelitian ini memasukkan variabel kapal dalam submodel ekonomi karena kapal memengaruhi upaya penangkapan (*effort*) untuk tiap-tiap spesies. Nilai awal kapal diperoleh dari jumlah kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut tahun 2019 sebesar 110 unit (PPS Cilacap, 2020b). Penambahan jumlah kapal ditentukan berdasarkan penjumlahan rata-rata pertumbuhan



Gambar 7 Model Dinamis Submodel Ekonomi-1
 (Figure 7 Dynamic Model of Economic Submodel-1)
 Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))



Gambar 8 Model Dinamis Submodel Ekonomi-2
(Figure 8 Dynamic Model of Economic Submodel-2)

Sumber: Statistik PPS Cilacap, 2010-2019 (diolah) (Source: Statistic PPS Cilacap, 2010-2019 (processed))

jumlah kapal selama 5 tahun (2015—2019) sebesar 1% dan rata-rata penambahan jumlah nelayan baru. Penambahan nelayan baru terdapat dalam submodel sosial, dengan jumlah nelayan baru ialah sebesar 0,5% dari jumlah nelayan jaring insang dan nelayan jaring insang ialah sebesar 20% dari jumlah nelayan yang terdapat di PPS Cilacap (BPS, 2021). Penambahan jumlah nelayan kapal ditentukan berdasarkan perbandingan antara penjumlahan nelayan baru dan jumlah nelayan per kapal. Jumlah nelayan per kapal yang digunakan adalah 13 orang per kapal (PPS Cilacap, 2020b).

Estimasi harga ikan yang paling mahal adalah harga ikan layur, kemudian disusul dengan harga ikan tuna kecil mata besar dan harga ikan cakalang. Rata-rata harga layur ialah sebesar Rp34.182,38/kg, sedangkan rata-rata harga tuna kecil mata besar dan layur masing-masing ialah sebesar Rp21.792,5/kg dan Rp14.136,08/kg. Estimasi Harga ikan tersebut menyebabkan estimasi pendapatan total layur lebih besar daripada pendapatan total tuna kecil mata besar dan pendapatan total cakalang. Pendapatan total tersebut merupakan perkalian antara estimasi produksi spesies dan estimasi harga ikan.

Estimasi pengeluaran total terbesar terjadi pada cakalang, kemudian layur dan tuna kecil

mata besar. Biaya terbesar untuk pengeluaran total cakalang adalah biaya bahan bakar. Hal itu sesuai dengan upaya penangkapan (*effort*) yang besar dan produksi penangkapan cakalang yang dominan yang ditangkap dengan alat tangkap jaring insang hanyut. Pengeluaran total terkecil terjadi pada tuna kecil mata besar. Hal itu terjadi karena upaya penangkapan (*effort*) tuna kecil mata besar lebih kecil daripada cakalang dan layur.

Estimasi renten ekonomi diperoleh melalui selisih antara pendapatan total dan pengeluaran total. Estimasi rata-rata median renten ekonomi untuk keempat spesies pelagis kecil terbesar mencapai Rp136,96 triliun dalam jangka waktu 30 tahun. Estimasi renten ekonomi terbesar terjadi pada layur, kemudian tuna kecil mata besar dan cakalang. Renten ekonomi layur merupakan renten ekonomi terbesar karena pendapatan total yang lebih tinggi daripada cakalang dan tuna kecil mata besar serta pengeluaran total yang lebih rendah daripada cakalang. Renten ekonomi menunjukkan bahwa pengelolaan layur lebih menguntungkan daripada cakalang dan spesies tuna kecil mata besar karena dengan upaya penangkapan (*effort*) yang lebih kecil daripada spesies cakalang mendapatkan keuntungan yang lebih besar daripada spesies cakalang.

Tabel 4 Skenario Pengelolaan Perikanan Jaring Insang Hanyut
(Table 4 Drift Gill Net Fishery Management Scenarios)

No.	Skenario (Scenario)	Keterangan (Information)
1	Skenario 1 (Scenario 1) (baseline)	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah Kapal awal sebanyak 110 kapal (<i>Total number of ships 110 ships</i>) Pertumbuhan jumlah Kapal sebesar 1% per tahun (<i>Growth number of ships 1% per year</i>) Penambahan Nelayan Baru sebesar 1% per tahun (<i>Growth of new fishers 1% per year</i>)
2	Skenario 2 (Scenario 2)	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah Kapal awal sebanyak 110 kapal (<i>Total number of ships 110 ships</i>) Pertumbuhan jumlah Kapal sebesar 5% per tahun (<i>Growth number of ships 5% per year</i>) Penambahan Nelayan Baru sebesar 1% per tahun (<i>Growth of new fishers 1% per year</i>)
3	Skenario 3 (Scenario 3)	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah Kapal awal berkurang menjadi 100 kapal (<i>Total number of ships 100 ships</i>) Pertumbuhan jumlah Kapal sebesar 1% per tahun (<i>Growth number of ships 1% per year</i>) Penambahan Nelayan Baru sebesar 1 %/tahun (<i>Growth of new fishers 1% per year</i>)
4	Skenario 4 (Scenario 4)	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah Kapal awal sebanyak 110 kapal (<i>Total number of ships 110 ships</i>) Pertumbuhan jumlah Kapal sebesar 0% (<i>Growth number of ships 0 % per year</i>) Penambahan Nelayan Baru sebesar 1% per tahun (<i>Growth of new fishers 1% per year</i>)

Skenario Kebijakan Pengelolaan Perikanan Jaring Insang Hanyut

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi kebijakan pengelolaan perikanan tangkap untuk usaha perikanan jaring insang hanyut di PPS Cilacap melalui alternatif kebijakan, yaitu pengendalian jumlah kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut. Keluaran yang diharapkan adalah dampak jumlah kapal terhadap renten ekonomi dan biomassa/stok tiap-tiap spesies. Skenario pengelolaan didasarkan pada penelitian

Naufal (2014) dan Naufal (2015). Kecenderungan pertumbuhan jumlah kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut dan jumlah nelayan pada masa depan (PPS Cilacap 2020b; BPS 2021) terdapat dalam Tabel 4.

Hasil simulasi skenario menunjukkan informasi sebagai berikut.

1. Skenario 2 menyebabkan rata-rata estimasi renten ekonomi cakalang dan tuna kecil mata besar lebih besar daripada layur. Skenario 2 menunjukkan bahwa meskipun rata-rata harga

Tabel 5 Rata-Rata Biomassa/Stok Spesies Berdasarkan Skenario
(Table 5 Average Biomass/Stock by Scenario)

	Rata-Rata Biomassa/Stok (Average of Biomass/Stock) (Ton)			
	Cakalang (<i>Skipjack</i>)	Tuna Kecil Mata Besar (<i>Big Eyes Little Tuna</i>)	Layur (<i>Layur</i>)	Ikan Lainnya (<i>Other Fish</i>)
Skenario 1 (Scenario 1)	1,723.62	546.02	1,180.18	46,634.95
Skenario 2 (Scenario 2)	1,710.42	539.55	1,164.35	46,437.18
Skenario 3 (Scenario 3)	1,811.18	584.99	1,296.94	50,069.35
Skenario 4 (Scenario 4)	1,725.09	546.71	1,181.94	46,684.45

ikan spesies cakalang dan spesies tuna kecil mata besar lebih kecil daripada rata-rata harga ikan spesies layur, dalam jangka waktu 30 tahun dapat menyebabkan rata-rata estimasi renten ekonomi yang tinggi.

2. Skenario 3 dapat digunakan apabila rata-rata harga ikan yang tinggi, seperti pada rata-rata harga ikan layur yang lebih tinggi daripada rata-rata harga ikan cakalang dan tuna kecil mata besar. Hal itu menyebabkan pendapatan total layur lebih tinggi daripada cakalang dan tuna kecil mata besar sehingga renten ekonomi layur lebih tinggi daripada renten ekonomi cakalang dan tuna kecil mata besar.
3. Skenario 3 dapat memberikan penghematan pada penggunaan biomassa/stok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5. Biomassa/stok spesies yang besar mengindikasikan juga bahwa spesies dapat dieksploitasi lebih lama karena jumlahnya masih berlimpah. Skenario 3 dapat menghemat biomassa/stok hingga 8% dibandingkan dengan skenario yang lain.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Kesimpulan

Hasil simulasi model dinamis menunjukkan bahwa terdapat pola tangkapan perikanan multispesies pelagis kecil (cakalang, tuna kecil mata besar, layur, dan ikan lainnya) dengan alat tangkap jaring insang hanyut yang bergantian setiap tahun sehingga diperlukan pengaturan hasil tangkapan spesies secara bergantian dan tidak berfokus pada satu spesies saja. Berdasarkan hubungan atau ketergantungan kompetisi antara cakalang, tuna kecil mata besar, dan layur bersifat koeksistensi stabil, yaitu semua spesies meskipun berkompetisi dalam hal makanan dan semua spesies berdampingan dengan kelimpahan yang saling heterogen dalam ekosistem di perairan PPS Cilacap dan sekitarnya, dapat disimpulkan bahwa jika estimasi produksi cakalang mengalami kenaikan, estimasi produksi tuna kecil mata besar dan layur mengalami penurunan dan begitu pula sebaliknya jika estimasi tuna kecil mata besar dan layur mengalami kenaikan, estimasi produksi spesies cakalang mengalami penurunan. Estimasi produksi ikan lainnya menunjukkan kondisi pertumbuhan yang konstan dan tidak terpengaruh estimasi produksi cakalang, tuna kecil mata besar, dan layur.

Pertumbuhan produksi tangkapan yang lebih besar daripada pertumbuhan biomassa/stok menunjukkan bahwa pengelolaan perikanan

di perairan sekitar PPS Cilacap perlu pengaturan agar biomassa/stok spesies tidak habis. Hasil simulasi berdasarkan skenario menunjukkan bahwa skenario berupa pengaturan jumlah kapal sangat berpengaruh dalam upaya penangkapan (*effort*). Pengaturan jumlah kapal dapat memberikan penghematan pada penggunaan biomassa/stok hingga 8% dalam waktu yang lebih lama dengan tetap mendapatkan renten ekonomi yang tinggi. Pengaturan jumlah kapal yang digunakan adalah jumlah kapal pada tahun awal, yaitu sebanyak 100 kapal dengan pertumbuhan jumlah kapal sebesar 1% per tahun dan penambahan nelayan baru sebesar 1 % per tahun.

Rekomendasi Kebijakan

Kebijakan yang dapat dilakukan dalam pengelolaan perikanan multispesies pelagis kecil yang ditangkap dengan alat tangkap jaring insang hanyut berupa pengaturan jumlah armada penangkapan dengan alat tangkap jaring insang hanyut sehingga potensi peningkatan upaya penangkapan (*effort*) dapat diminimalkan. Kapal baru dapat beroperasi apabila kapal lama sudah tidak beroperasi sehingga kapal baru bersifat mengganti kapal lama. Sebagai contoh, teknis pengaturan jumlah kapal adalah dengan regulasi pemutakhiran pendaftaran kapal dengan alat tangkap jaring insang hanyut setiap tahun sehingga jenis spesies yang ditangkap dapat dikendalikan dan pembagian zona penangkapan ikan terukur di wilayah penangkapan berbasis kuota.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Dr. Budi Sulistiyo, M.Sc. dan rekan-rekan Pusat Data, Statistik, dan Informasi, Kementerian Kelautan dan Perikanan atas semua bantuan dan dukungan, baik berupa data, metode, materi, kesempatan, maupun dukungan lainnya sehingga artikel ini dapat diterbitkan.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Dengan ini kami menyatakan bahwa tiap-tiap penulis yang berkontribusi dalam pembuatan karya tulis adalah Krisna Fery Rahmantlya sebagai kontributor utama serta Nimmi Zulfainarni dan Benny Osta Nababan sebagai kontributor anggota. Penulis menyatakan bahwa penulis telah melampirkan surat pernyataan kontribusi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Cilacap. (2021). *Kabupaten Cilacap dalam angka 2021*. Cilacap, ID: BPS.
- Charles, A. (2001). *Sustainable fishery system*. Blackwell Sciences.
- Fauzi, A. (2010). *Ekonomi perikanan: Teori kebijakan dan pengelolaan*. Jakarta, ID: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.
- Fauzi, A. & Anna, S. (2005). *Permodelan sumber daya perikanan dan kelautan untuk analisis kebijakan*. Jakarta, ID: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.
- Firmansyah, I. (2015). *Sistem dinamik: Penerapan aplikasi Powersim*. Bogor, ID: Percetakan Triwala Press.
- Fishbase. (2020). Diambil dari <https://www.fishbase.de> pada 5 April 2020.
- Hastuti, I., Bambang, Aziz N., & Rosyid, A. (2013). Analisis teknis dan ekonomis usaha perikanan tangkap drift gill net di pelabuhan perikanan Samudera Cilacap. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 2(2), 102—112.
- Itano, D.G. (2004). *Bahasa Indonesia version of: A Handbook for the identification of yellowfin and bigeye tunas in fresh condition*. Hawaii: University of Hawaii, JIMAR.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2014). *Kajian arsitektur data*. Jakarta, ID: KKP.
- Lalli, C.M., & Parson, T.R. (1994). *Biological oceanography: An introduction*. Pergamon, BPC Wheatons Ltd, British. 301p.
- Low, B., Costana, R., Ostrom, E., Wilson, J., Simon, C.P. (1999). Human ecosystem interaction: A dynamic integrated model. *Ecological Economics*, 31, 227—242. Diambil dari <http://www.elsevier.com>
- Muhammadi, Aminullah E., & Soesilo B. (2001). *Analisis sistem dinamis lingkungan hidup, sosial, ekonomi, manajemen*. Jakarta, ID: UMJ Press.
- Nababan, B.O. (2020). *Model ekonomi kesejahteraan nelayan perikanan tangkap demersal (studi kasus multispecies dan multigear)* (Disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nababan, B.O., Kusumastanto, T., Adrianto, L., & Fahrudin, A. (2020). The economic impact of the “cantrang” prohibition in the Northern Java sea, Indonesia. *AACL Bioflux*, 13(2), 705—714.
- Nasution, M.A., Mahendra, M., & Suprizal, S. (2018). Kebiasaan makan ikan layur (*Lepturacanthus savala*) di perairan Desa Suak Indrapuri, Kecamatan Johan Pahlawan, Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*, 5(1), 105. doi: <https://doi.org/10.35308/jpt.v5i1.1030>
- Naufal, A. (2014). *Analisis kebijakan pengelolaan optimal perikanan cakalang di Pesisir Utara Aceh* (Tesis). Bogor, ID: Institut Pertanian Bogor.
- Naufal, A., Kusumastanto, T., & Fahrudin, A. (2015). Kajian ekonomi model pengelolaan sumberdaya perikanan cakalang di Pantai Utara Aceh. *Jurnal Aplikasi Manajemen (JAM)*, 14(2), 209—216. doi: <https://www.researchgate.net/publication/307868548>
- Pangesti, T.P., Wiyono, E.S., Baskoro, M.S., Nurani, T.W., & Wiryawan, B. (2015). Status bio-ekonomi sumber daya udang di Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 10(2), 149—157. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v10i2.1256>
- Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap. (2010). *Statistik pelabuhan perikanan Samudera Cilacap tahun 2009*. Cilacap, ID: PPS Cilacap-Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap. (2019). *Statistik pelabuhan perikanan Samudera Cilacap tahun 2018*. Cilacap, ID: PPS Cilacap-Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap. (2020a). *Laporan tahunan tahun 2019*. Cilacap, ID: PPS Cilacap-Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap. (2020b). *Statistik pelabuhan perikanan Samudera Cilacap tahun 2018*. Cilacap, ID: PPS Cilacap-Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Prahasta, E. (2018). *Systems thinking & pemodelan sistem dinamis*. Jakarta, ID: Penerbit Informatika.
- Rahmantya, K.F. (2021). *Analisis bioekonomi multispecies perikanan pelagis di pelabuhan perikanan Samudera Cilacap* (Tesis). Bogor, ID: Institut Pertanian Bogor.
- Ratnawati, H.I. (2017). *Upwelling di Laut Banda dan Pesisir Selatan Jawa serta hubungannya dengan ENSO dan IOD* (Tesis). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sari, Y.D., Kusumastanto, T., & Adrianto, L. (2008). Maximum economic yield sumberdaya perikanan kerapu di perairan Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 3(1), 69—78. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v3i1.5843>
- Sari, Y.D., Syaukat, Y., Kusumastanto, T., & Hartoyo, S., (2018). Pengelolaan perikanan demersal di Laut Arafura: Pendekatan bioekonomi. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 13(1), 43—57. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v13i1.6858>
- Suhana, Kusumastanto, T., Adrianto L., & Fachrudin A. (2019). Model ekonomi pengelolaan sumber daya cakalang di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 14(1), Juni 2019, 23—36.
- Tasrif, M. (2006). *Analisis kebijakan menggunakan model system dynamics*. Bandung, ID: Institut Teknologi Bandung.

- Triyono, T. Arifin, D. Nugroho, D. Novianto, H.I. Rahmawati, S.N. Amri, R. Faizah, Prihatiningsih, A. Nurfiarini, A.H. Purnomo, Th. D. Suryaningrum, A. Zulham, B. Wardono, R. Yusuf, & M.H. Jayawiguna. (2019). *Potensi sumberdaya kelautan dan perikanan WPPNRI 573*. Jakarta (ID): AMAFRAD Press-Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan.
- Wagiyo, K. Prihatiningsih, A. Priyatna, & A.S. Panggabean. (2019). *Komposisi, kelimpahan, dan sebaran larva ikan sebagai dasar pengelolaan sumberdaya ikan di Samudera Hindia selatan Jawa*. Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 573. Jakarta (ID): AMAFRAD Press-Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan.
- Zulbainarni N, A.I. Purnama. (2014). Pendekatan bioekonomi multispesies untuk keberlanjutan pengelolaan sumberdaya perikanan Indoensia: Evaluasi perikanan tuna di PPN Palabuhanratu, Sukabumi, Jawa Barat. *Simposium Nasional Pengelolaan Perikanan Tuna Berkelanjutan*. doi: https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/76582/1/Artikel%206_Pendekatan%20bioekonomi%20.pdf
- Zulbainarni, N. (2016). *Teori dan praktik permodelan bioekonomi dalam pengelolaan perikanan tangkap*. Bogor, ID: IPB Press.
- Zulbainarni, N., Tambunan, M., Syaukat, Y., & Fahrudin, A. (2011). Model bioekonomi eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis di perairan Selat Bali (Bio-economic model of multispecies exploitation of pelagic fishery resources in the Bali Strait). *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 2(2), 141. doi: <https://doi.org/10.29244/jmf.2.2.141-154>