

Kerentanan *Bycatch* Tuna dari Perikanan Handline di Selatan Samudera Hindia: Pencatatan Pelabuhan Sendang Biru-Malang

(The Vulnerability of Bycatch Tuna of Handline Fishing in Southern Indian Ocean: Recorded in Sendang Biru Landing Port-Malang)

Yonvitner^{1,2,*}, Mennofatria Boer¹, Rahmat Kurnia¹, Helmi Akbar³, Surya Gentha Akmal⁴

¹Divisi Manajemen Sumberdaya Perikanan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan-Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

²Center for Coastal and Marine Resources Studies

³Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Mulawarman

⁴Doctoral Program di Chzech University of Life Science, Republik Ceko

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Received: 10 Oktober 2020

Accepted: 31 Desember 2020

Kata Kunci:

bycatch, kerentanan, produktivitas, Sendangbiru, susceptibilitas

Keywords:

bycatch, productivity, Sendang Biru, susceptability, vulnerability

Korespondensi Author

Yonvitner,
 Divisi Manajemen Sumberdaya Perikanan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan-Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
 Email: yonvitnr@yahoo.com

ABSTRAK

Bycatch tuna merupakan komoditas ikan komersial penting dalam perikanan tuna Samudera Hindia. Aktivitas penangkapan bycatch tuna juga berdampak pada penurunan stok sehingga menjadi rentan dan potensial tidak berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kerentanan ikan tangkap samping tuna, yang dilakukan di Sendangbiru Malang pada Bulan Juli 2013. Analisis kerentanan dengan pendekatan jarak Euclidean dengan data produktivitas dan susceptibilitas menggunakan software PSA. Hasil tangkap bycatch tuna adalah ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*), ikan lemadang (*Coryphaena hippurus*), baby tuna (*Thunnus albacores*). Hasil analisis kerentanan menunjukkan tingkat kerentanan yang diperoleh sebesar 1,66 untuk baby tuna, 1,27 untuk lemadang dan 1,42 untuk cakalang. Secara keseluruhan nilai indek kerentanan masih rendah dari 1,8 dimana stok tergolong rentan rendah dan potensi ikan bycatch tuna masih berpotensi berkelanjutan dan tidak mengarah overfishing.

ABSTRACT

*Bycatch tuna is an important commercial fish commodity in the Indian Ocean tuna fishery. Tuna bycatch fishing activity also has an impact on the decline in stocks, making it vulnerable and potentially unsustainable. This study aims to analyze the level of vulnerability of tuna side-caught fish, which was conducted in Sendangbiru Malang in July 2013. Vulnerability analysis using the Euclidean distance approach with productivity and susceptability data using PSA software. The catch of bycatch tuna is skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), lemadang fish (*Coryphaena hippurus*), baby tuna (*Thunnus albacores*). The results of the vulnerability analysis showed that the level of vulnerability obtained was 1.66 for baby tuna, 1.27 for lemadang and 1.42 for skipjack. Overall, the vulnerability index value is still low from 1.8 where the stock is classified as low susceptability and the potential for tuna bycatch is still potentially sustainable and does not lead to overfishing.*

PENDAHULUAN

Ikan tuna merupakan kelompok *high migratory species* (spesies yang bermigrasi jauh), dan berperan penting dalam perdagangan ikan dunia. Hasil tangkapan ikan tuna Indonesia pada tahun 2009 sekitar 5% dari total tangkapan ikan

laut dunia (Sunoko and Huang, 2014). Produksi ikan tuna bersumber dari Samudera Pasifik 68% dan Samudera Hindia sekitar 22% dan sisanya 10% dari Samudera Atlantik dan Laut Mediterania. Adapun komposisi ikan tuna yang tertangkap meliputi cakalang (*skipjack tuna*) 60%, madidihang (*yellow fin tuna*) 24%, *big eye* 10%,

dan *Albacore* 5%, sisanya tuna sirip biru sekitar 1%. Sunoko and Huang (2014) mencatat komposisi *skipjack* 7,27%, baby tongkol 8,09%. Faktanya dalam perikanan tuna hasil tangkap *bycatch* seringkali lebih tinggi komposisinya. Kondisi inilah yang kemudian dapat menyebabkan tingginya resiko kerentanan.

Peningkatan produksi tuna tersebut terjadi akibat peningkatan kebutuhan penduduk dunia dan perubahan preferensi konsumen dunia dari *red meat* ke *white meat*. Disamping itu peningkatan juga dikarenakan berkembangnya alat tangkap jaring (*purse seine*), sebagai salah satu alat alternatif baru selain pancing (*hook and line*). Penggunaan alat tangkap baru tersebut memicu tingkat eksploitasi yang tinggi yang akhirnya menyebabkan penurunan sumberdaya (*stock*) di hampir semua perairan. Penangkapan *bycatch* menjadi tinggi karena hampir 60% tuna sudah *full exploitation* dan 35% *over exploited* (Sunoko and Huang, 2014).

Permintaan yang tinggi di pasar internasional dan intensitas yang juga meningkat, mendorong meningkatnya tingkat keterancaman perikanan tuna termasuk *baycatch* tuna. Selain itu keterancaman juga dapat meningkat karena teknik penangkapan. Keterancaman perikanan *baycatch* tuna dievaluasi dari indikator produktivitas dan suceptabilitas. Produktivitas (*productivity*) mengacu pada kemampuan untuk pulih secara cepat ketika stoknya berkurang, sementara keterancaman (*susceptibility*) adalah potensi dipengaruhinya stok oleh adanya aktivitas penangkapan. Hubungan kedua parameter ini

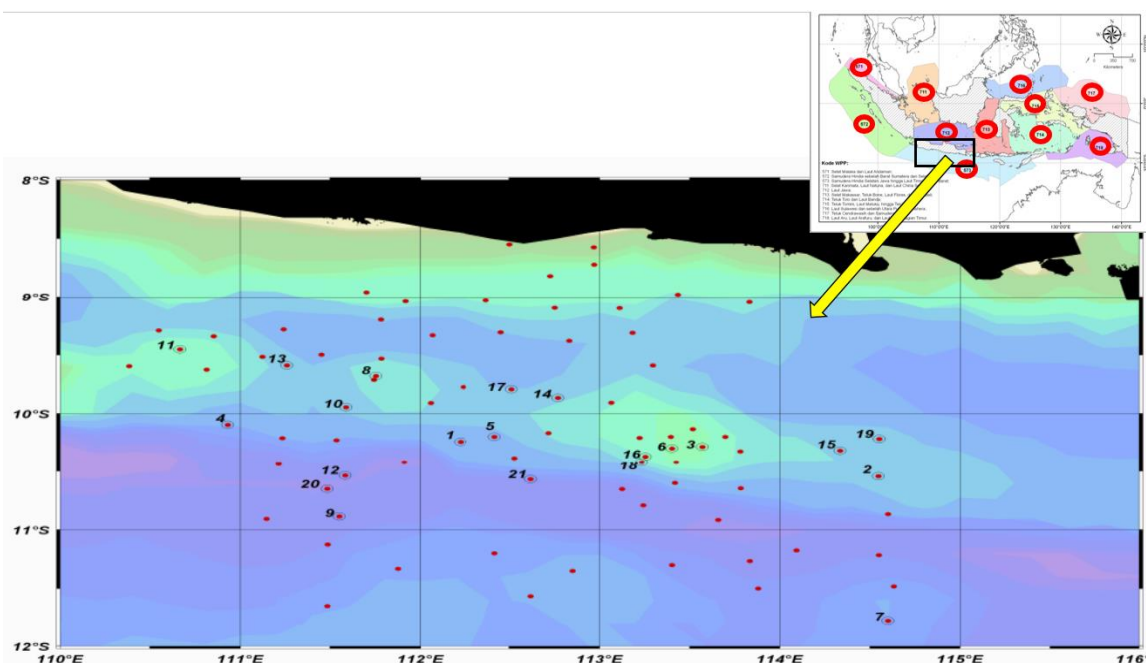
kemudian memberikan informasi tentang kerentanan stok ikan (Yonvitner, 2020). Kajian kerentanan saat ini banyak dikembangkan juga dalam kaitanya dengan ketertelusuran produk ikan hasil tangkapan. Biasanya pasar internasional mensyaratkan hasil tangkapan yang ramah lingkungan dan tidak menyebabkan risiko yang mengancam keberlanjutan.

Pendekatan dengan atribut *productivity* dan *suceptability* juga sudah diujikan pada beberapa jenis seperti *tropical eel* (Yonvitner, 2017a), ikan pelagis kecil (Puspita *et al.*, 2017) yang batasannya sudah direview sesuai ikan pelagis kecil untuk wilayah tropis (Yonvitner, 2017b). Namun karena dalam praktek perikanan tuna, *baycatch* juga selalu ditangkap, maka dikhawatirkan akan menjadi rentan dan mengganggu keberlanjutannya. Untuk itu penelitian ini bertujuan mengkaji tingkat keterancaman perikanan *baycatch* tuna, serta memberikan rekomendasi kebijakan perikanan tuna berdasarkan hasil penelitian berbasis data produktivitas dan suceptabilitas.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 4 - 29 Juli 2013 di PPP Sendang Biru Malang. Data ikan tuna dan *bycatch* merupakan hasil tangkapan nelayan dari perairan Selatan Jawa Samudera Hindia (WPP 573). Daerah penangkapan nelayan tuna sendang biru berdasarkan sebaran geografis sebagian besar diselatan jawa seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penangkapan ikan (Sumber: Hermawan *et al.*, 2012 dan KKP 2014)

Data yang dikumpulkan adalah data ukuran ikan, reproduksi, dinamika populasi, serta strategi pemijahan. Kemudian data lainya yaitu data produksi, upaya tangkap, kondisi sosial ekonomi, fishing ground, ekosistem diperoleh dari catatan pengumpul tuna, eksportir, riset lainya, dan sumber wawancara. Ikan tangkapan samping perikanan tuna diidentifikasi dengan cepat (*rapid assessment*), kemudian dilakukan pengambilan contoh secara acak untuk masing-masing spesies berdasarkan ukuran ikan, jumlah ikan yang mewakili. Kemudian masing-masing jenis ikan diukur panjang dan bobot, kemudian di bedah untuk analisis fekunditas dan makanan.

Pengamatan laboratorium dilakukan pada Laboratorium biologi perikanan IPB.

Analisis

Analisis kerentanan menggunakan pendekatan multikriteria yang dilakukan secara kualitative dari dua atribut utama yaitu produktivitas dan suceptabilitas. Atribut produktivitas memiliki 10 parameter utama yang dikaji datanya, dan atribut suceptabilitas sebanyak 12 parameter. Analisis gabungan menggunakan pendekatan jarak (*Euclidean Distance*). Parameter yang analisis tersebut seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter produktivitas dan suceptabilitas

Parameter Produktivitas	Jenis Data	Analysis	Pengumpulan data
Pertumbuhan Instrisik (<i>Intrinsic growth</i>)	Produksi dan Upaya	Growth Analysis	In-situ
Umur Maksimum (<i>Max age</i>)	Panjang	Length frequency analysis	In-situ
Ukuran Maksimum (<i>Max size</i>)	Panjang	Length frequency analysis	In-situ
Lanju pertumbuhan/K (<i>Growth coefficient</i>)	Panjang	Bartalannfy	In-situ
Kematian alami/M (Natural mortality)	Panjang	Persamaan empiric Pauly	In-situ
Fekunditas (<i>Fecundity</i>)	Telur ikan	Gravimetrik dan volumetrik	In-situ and Ex-situ
Strategy pemijahan (Breeding strategy)	Diameter telur	Cohort analysis	In-situ and Ex-situ
Pola recruitment (Rekrutmet pattern)	Length frekuensi	Normsep and Gaussian distribution	In-situ
Umur saat matang gonad (Age at Maturity)	Length dan Diameter telur	Length frequency analysis	In-situ
Rata-rata tropic level (<i>Mean tropic level</i>)	Makanan	Niche overlap (Simpson and Jaccard index)	In-situ
Parameter Seceptability	Jenis Data	Analysis	Pengumpulan data
Tumpang tindih area (<i>Area overlap</i>)	Distribusi	Distribusi	In-situ/ Quisioner
Daerah Sebaran geografis (<i>Concentrasi geografis</i>)	Distribusi	Distribusi	In-situ/ Quisioner
Tumpang tindih vertical (<i>Vertical overlap</i>)	Distribusi	Dsitribusi	In-situ/ Quisioner
Rasio Mortalitas fishing terhadap alami (F / M)	Length Data	Persamaan Pauly dan Evanof	In-situ
Biomass stok pemijahan SSB (<i>spawning stock biomass</i>)	Biomass Hasil tangkapan	Ricker	In-situ
Migrasi musiman (<i>Seasonal migration</i>)	Data Migrasi	Pola Distribusi	In-situ/ Quisioner
Kelompok Berkumpul (Schooling aggregation)	Schooling	Pola Distribusi	In-situ/ Quisioner
Efek morfologi (<i>Morfology affecting</i>)	Morfology	Morfologis	In-situ/ Quisioner
Kemampuan hidup setelah penangkapan (<i>Survival after Capture</i>)	Morfology	Morfologis	In-situ/ Quisioner
Nilai ekonomi ikan (<i>Desirability/Value of the fishery</i>)	Nilai ekonomi ikan	Nilai produksi	In-situ/ Quisioner
Dampak perikanan pada ekosistem (<i>Fishery Impact to essential fish habitat</i>)	Kulitas Habitat	Distribusi dan habitat	In-situ/ Quisioner

Sumber: Patrick *et al.* (2009)

Analisis kerentanan dari parameter produktivitas dan susceptibilitas (keterancaman) menggunakan pendekatan skoring. Setiap parameter memiliki skor bobot parameter, skor atribut, dan skor kualitas data (NOAA, 2009). Skor dari bobot berkisar antara 0-4 dimana (0=tidak penting; 1=kurang penting; 2=penting; 3=lebih penting; 4=sangat penting. Skor atribut produktivitas antara 1-3 dimana (1=rendah; 2=medium; 3=tinggi) dan skor susceptibilitas juga dalam skala 1-3 dimana skor (1=rendah; 2=sedang; dan 3 tinggi). Skor kualitas data antara 1-5 dimana skor (1=data banyak dan lengkap; 2=data terbatas (temporal/spasial); 3=data menggunakan pendekatan pada genus atau family; 4=data tersedia pada informasi yang belum dipublish seperti di web/blog/paper dan materi presentasi dan 5=tidak ada data yang menjelaskan. Skor atribut dari setiap spesies kemudian dapat ditampilkan dalam plot scatter x-y. Secara keseluruhan rata-rata produktivitas tergolong tinggi apabila rata-rata skor besar atau sama dengan 3, dan rendah sama dengan 1. Begitu juga susceptibilitas tergolong rendah bila mendekati skor 1 dan tinggi mendekati atau sama dengan 3. Skor kerentanan secara keseluruhan (v) dari stok di hitung menggunakan persamaan jarak Euclidean dengan formulasi sebagai berikut (Patrick *et al.*, 2009):

$$V = \sqrt{(p - 3)^2 + (s - 1)^2}$$

Dimana; V = Indeks vulnerability

P = Skor indeks produktivitas

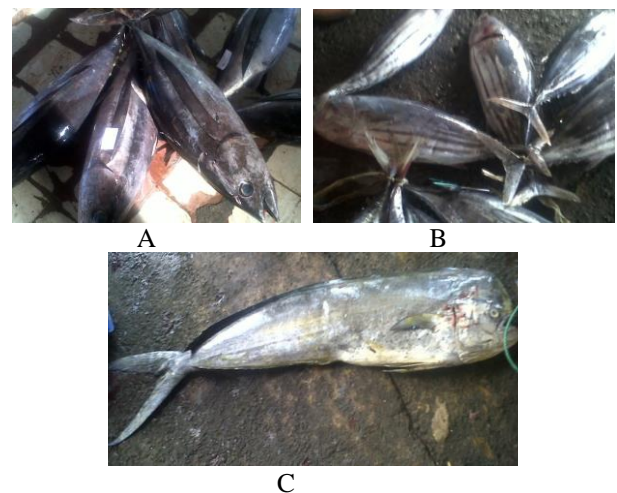
S = Skor indeks susceptibilitas

Selanjutnya Patrick *et al.* (2009) menetapkan batasan nilai hasil analisis kerentanan (*vulnerability*) yaitu nilai skor 1,8. Apabila skor kerentanan besar ($>1,8$), maka dapat diasosiasikan stok mengalami tekanan dan kerentanan yang tinggi atau potensial terjadi overfishing. Apabila nilai skor kecil dari ($<1,8$) bisa terjadi karena *productivity* tinggi atau *susceptibility* rendah, sehingga potensi *overfishing* rendah. Sedangkan nilai *vulnerability score* diberikan sesuai hasil analisis masing-masing parameter yang dibandingkan dengan kategori yang berada dalam *software* PSA dari NOAA yang dikembangkan Patrick *et al.* (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kajian produktivitas perikanan bycatch tuna dari Sendang Biru Malang difokuskan pada tiga jenis ikan *bycatch* utama yaitu ikan baby tuna (*Thunnus albacares*), ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*), dan ikan lemadang (*Coryphaena hippurus*) selain sea turtle (Bertram *et al.*, 2010). Ikan baby tuna yang tertangkap umumnya berukuran 300-420 mm, ikan cakalang 35-562 mm dan ikan lemadang berukuran 650-915 mm. Jenis-jenis ikan yang dikaji terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jenis ikan bycatch tuna Baby tuna (A), Cakalang (B) dan Lemadang (C)

Penilaian produktivitas diantaranya menggunakan data ukuran maksimum, koefisien pertumbuhan, pertama kali matang gonad, umur maksimum, fekunditas, kematian alami, rekrutmen, dan tingkat trofik level. Hasil perhitungan nilai setiap parameter dari ketiga jenis ikan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Panjang maksimum ikan baby tuna adalah sekitar 73,02 cm, laju koefisien pertumbuhan (k) sebesar 0,91 per tahun, umur maksimum yang dapat dicapai 9 tahun. Pengaruh produksi terlihat dari laju pertumbuhan intrinsik (produksi) sebesar 1,42 dan fekunditas mencapai lebih dari 10^4 , namun baby tuna tidak ada yang matang gonad. Ikan tuna memijah satu kali dalam setahun dan telurnya tersebar dimana ikan tuna mengeluarkan semua telurnya dalam satu kali musim pemijahan. Tingkat kematian alami 0,69/tahun, dan kematian akibat penangkapan mencapai 0,85/tahun atau sekitar 85%. Kemampuan penambahan individu baru atau (tingkat rekrutmen) sebesar 20,6% per tahun, dan pertama kali akan memijah pada umur 1,5 tahun. Little tuna (*T. albacares*) akan

mencapai panjang maksimum mencapai 240 cm, dengan laju pertumbuhan 0,3/tahun, umur maksimum 6,5 tahun, umur mulai matang gonad 2,4 tahun, dan panjang saat matang gonad 56 cm (Fredou *et al.*, 2016). Jenis yang lain seperti *Yellowfin* tuna tumbuh lebih lambat, umur mencapai 10 tahun dan mulai matang seksual 2,8 tahun dan dan memijah sepanjang tahun (Davies *et al.*, 2015). Tingkat fekunditas *T. albacores* hampir sama dengan kelompok little tuna dengan fekunditas berada pada kisaran 17.814–560.792 butir telur dengan rata-rata 109.807 butir (Ardelia *et al.*, 2016).

Ikan cakalang (*skipjack*) memiliki panjang maksimum sekitar sekitar 56,28 cm, koefisien pertumbuhan (k) nya sebesar 0,88 per tahun. Fekunditas ikan cakalang sekitar 217.272-320.230/ spawning, memijah satu kali selama musim pemijahan. Reproduksi *skipjack* diketahui parsial spawner setelah beberapa waktu tertentu di timur pantai barat Afrika (Andrade dan Santos, 2004). Tingkat kematian adalah 0,72, dengan persentase rekrutmen diperoleh sebesar 20,8, dan pertama kali memijah pada umur sekitar 1,3 tahun. *Skipjack* tuna hidup sampai 4-5 tahun, tumbuh cepat, mencapai matang gonad pada umur 1,8 tahun dan memijah sepanjang tahun (Davies *et al.*, 2015). *Skipjack* dominan tertangkap dengan purse seine (38%), gillnet (36%), pole and line 17% dan lainnya 9% (Davies *et al.*, 2015).

Ikan lemadang (*Coryphaena hippurus*), memiliki panjang maksimum sekitar 91,45 cm, koefisien pertumbuhan (k) sebesar 1,4 per tahun. Umur maksimum ikan lemadang pendek

dibanding lainnya yaitu 4 tahun. Menurut Fredou *et al.* (2016). Panjang maksimum (L_{max}) ikan Lemadang (*C. hippurus*) 180 cm, dengan laju pertumbuhan 0,72/thn. Umur maksimum mampu dicapai 1,8 tahun dan panjang saat matang gonad 51 cm. Laju pertumbuhan intrinsik (r) sekitar 3,86 dengan jumlah fekunditas antara 47.193-1.422.112 butir. Fekunditas ikan lemadang (Mahi-mahi) sangat tinggi variasinya, tergantung pada kondisi oksigen, suhu pada fase embryonic dan pemijahan (Pasparakis *et al.*, 2016). Ikan lemadang memijah satu kali dengan persentase kematian alami ikan lemadang sebesar 0,85. *Coryphaena hippurus* tersebar dari Atlantic, Pacific dan India Ocean (Chang and Mander, 2012). Panjang total tercatat 238 cm (Lasso and Zapata, 1999), dengan umur maksimum 4 tahun (Schwenke and Buckel, 2008). Dugaan mencapai matang gonad pertama kali pada 50% yaitu ukuran 45,7-54,5 cm untuk betina dan 47,6-61,8 cm untuk jantan. Alat tangkap pancing dengan tali nilon dapat meningkatkan *catchability* dan *mortality* (Afonso *et al.*, 2012). Tingkat rekrutmen sebesar 25,78%, dan pertama memijah pada umur sekitar 0,4 tahun. Ikan ini termasuk ikan yang cepat matang gonad dan pertumbuhannya cepat. Ketiga jenis ikan ini termasuk kelompok ikan karnivora dan memiliki umur yang relatif panjang dari ikan herbivora. Ikan cakalang memiliki ukuran maksimum yang relative pendek, namun memiliki laju pertumbuhan yang besar. Artinya kan ini akan mencapai matang gonad lebih cepat dibandingkan jenis ikan lainnya.

Tabel 2. Parameter produktivitas baby tuna, cakalang, dan lemadang

Parameter	Baby tuna	Cakalang	Lemadang
Pertumbuhan Instrisik (<i>Intrinsic growth</i>)	1,42	2,26	3,86
Umur Maksimum (<i>Max age</i>)	9* th	12* th	4* th
Ukuran Maksimum (<i>Max size</i>)	730,28 mm	562.8 mm	914,55 mm
Koefisien laju pertumbuhan/K (<i>Growth coefficient</i>)	0,91	0,88	1,4
Kematian alami/M (Natural mortality)	0,69	0,72	0,85
Fekunditas (<i>Fecundity</i>)	> 10 ⁴ * butir	217.272-320.230 butir	47.193-1.422.112 butir
Strategy pemijahan (Breeding strategy)	1(Total Spawner)	1(Total Spawner)	1(Total Spawner)
Pola recruitment (Rekrutmet pattern)	20,16%	20.08%	25.78%
Umur saat matang gonad (Age at Maturity)	1,5 th	1,3	0,4
Rata-rata tropic level (<i>Mean tropic level</i>)	4,3	3,8	4,4

*) Froese dan Pauly (2020)

Susceptabilitas merupakan faktor kerentanan atau kelemahan karena ada interaksi dengan ekosistemnya. Parameter susceptabilitas dievaluasi dan parameter strategi manajemen yang dilakukan saat ini, pendugaan rasio mortalitas penangkapan terhadap kematian alami alami, tingkah laku spesies seperti perilaku “*schooling*”. Pola migrasi musiman serta tingkat “*catchability*” dari stok, kemudian proses penanganan ikan setelah penangkapan, dan selektifitas dari alat tangkap. Secara umum ikan baby tuna, cakalang dan lemadang belum sepenuhnya diatur secara detail. Ikan ini relatif hidup bergerombol dan menetap pada area yang hampir sama. Hanya saja gerombolan ikan lemadang lebih kecil jumlahnya. Ikan baby tuna, cakalang dan lemadang juga memiliki rasio laju penangkapan yang tinggi terhadap kematian alami. Namun karena kegiatan penangkapan yang jauh dari perairan terbuka dan tidak mempengaruhi ekosistem. Hasil penilaian parameter susceptabilitas disajikan pada Tabel 3.

Rogan dan Mackey (2007) mencatat bahwa di NE Atlantic kelompok megafauna yang banyak tertangkap adalah *skipjack*, baby tuna, dan lemadang. Perikanan tuna yang menggunakan alat tangkap purse seine sebagian besar menangkap ikan yang mengelompok (*schooling*) seperti spesies skipjack (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin (*Thunnus albacares*) dan big eye tuna (Davies *et al.*, 2015). Dampak ketahanan hidup setelah penangkapan (*impact survival after capture*) tidak hanya karena respon adaptasi tetapi karena jenis mata pancing (Huang *et al.*, 2016). Perubahan jenis alat pancing dari model J menjadi O (lingkaran) meningkatkan kemampuan *survival bycatch* dan menurunkan kematian *post release* (Asch *et al.*, 2018).

Sekitar 20-30% sword fish hidup hidup saat handling dan kemudian berubah kearah kematian, yang memerlukan adaptasi dari bycatch (Carruthers *et al.*, 2009). Penurunan *bycatch* menjadi dasar bagi EBFM (*Ecosystem Based Fisheries Approach*) untuk mengetahui tingkat resiko terhadap sumberdaya (Hahlbeck *et al.*, 2017). Migrasi dan perubahan makanan dapat berpengaruh terhadap *vulnerability* pada *Thunnus allalungga* (Williams *et al.*, 2015). Peningkatan resiko dapat terjadi karena banyak jenis dan tipe alat yang digunakan dalam area secara bersamaan (Riskas *et al.*, 2016). Pembatasan jumlah *bycatch* untuk spesies ikan bermigrasi bisa dilakukan dengan pendekatan tingkat kumulatif mortalitas menyangkut batasan potensi biologi yang

dipindahkan (PBR) karena penangkapan (Riskas *et al.*, 2016). Tekanan terhadap bycatch tuna juga dapat terjadi karena *recreational fishing*, yang menurunkan *diversity* dan jumlah tangkapan seperti *Coryphaena hippurus* dan *Thunnus allalungga* NW Mediteranean (Lloret *et al.*, 2008).

Skor Atribut Produktivitas

Bobot dari parameter atribut ditetapkan 2 yaitu skor setiap parameter dan skor rata-rata. Sebagian besar data baby tuna tergolong memiliki data dengan kualitas baik termasuk cakalang dan lemadang. Hasil penilaian skor untuk masing-masing jenis ikan disajikan pada Tabel 3.

Skor bobot dari ikan baby tuna, cakalang dan lemadang rata-ratanya sebesar 2 yang artinya semua parameter memiliki kepentingan yang sama. Skor atribut ikan baby tuna sebesar $(2,5 \pm 0,71)$ dan memiliki produktivitas yang tergolong tinggi karena lebih dari 2,5. Sementara itu terdapat sedikit perbedaan kualitas data yaitu untuk ikan baby tuna $(2,5 \pm 1,58)$, ikan cakalang $(2,20 \pm 1,55)$ dan lemadang $(2,20 \pm 1,55)$.

Proses handling yang baik saat operasi penangkapan seperti tidak menggunakan benda tajam dalam proses pemindahan dapat mengurangi laju mortalitas dan kondisi kritis dan kerentanan tuna (Gilman *et al.*, 2014).

Selain longline, tradisional tuna traps (Tonnare) juga menangkap banyak *bycatch* terutama Sardinia (Storai *et al.*, 2011). Efek *climate change* (Cheung *et al.*, 2009) yang dapat diketahui dari perubahan life history juga dapat digunakan untuk mengetahui kerentanan dan potensi kolaps (Patrick *et al.*, 2010) serta kepunahan spesies (Olden *et al.*, 2008). Data yang mendukung riset ini tergolong cukup baik baik dari hasil pengamatan langsung maupun sumber lain yang dapat diandalkan. Koefisien produktivitas menunjukkan bahwa tingkat produktivitas relatif tinggi.

Skor Atribut Susceptabilitas

Hasil evaluasi parameter susceptabilitas dari masing-masing ikan hasil tangkap sampingan perikanan tuna cukup beragam. Tabel 4 menyajikan skor atribut susceptabiliti yang diperoleh. Nilai skor ini kemudian menjadi analisis dari kerentanan ikan yang tertangkap saat penangkapan ikan tuna.

Tabel 3. Parameter susceptibilitas ikan baby tuna, cakalang, dan lemadang

Parameter	Baby tuna	Cakalang	Lemadang
Management Strategy	Stok target di Indonesia tidak memiliki batas atau belum ditetapkan. Kelompok bycatch juga sama, belum dilakukan monitor secara baik.	Stok target di Indonesia tidak memiliki batas atau belum ditetapkan. Kelompok bycatch juga sama, belum dilakukan monitor secara baik.	Stok target di Indonesia tidak memiliki batas atau belum ditetapkan. Kelompok bycatch juga sama, belum dilakukan monitor secara baik.
Tumpang tindih area (<i>Area overlap</i>)	> 50% dari stok tuna babi terjadi di area penangkapan, karena memiliki niche yang sama dengan ikan tuna.	Tumpang tindih area terjadi antara 25% sampai 50% dari stok yang ada di area penangkapan.	Tumpang tindih area terjadi antara 25% sampai 50% dari stok yang ada di area penangkapan.
Daerah Sebaran geografis (<i>Concentrasi geografis</i>)	Stok Baby tuna terdistribusi dalam > 50% dari total area di WPP 573	Distribusi stok Cakalang lebih > 50% dari keseluruhan area in WPP 573	Distribusi stok Cakalang lebih > 50% dari keseluruhan area in WPP 573 yang bersamaan dengan cakalang
Tumpang tindih vertical (<i>Vertical overlap</i>)	Lebih dari > 50% dari stok (Tuna Baby) tersebar secara vertical dengan relung area penangkapan lainnya.	Relung vertical antara 25% dan 50% dari stok yang berada daerah penangkapan	Relung vertical antara 25% dan 50% dari stok yang berada daerah penangkapan
Rasio Mortalitas fishing terhadap alami (F / M)	1.24	1.39	1.73
Biomass stok pemijahan SSB (<i>spawning stock biomass</i>)	B < 25% dari B0	B antara 25% sampai 40%	B lebih > 40% dari B0 (karena dari 10 yang ditemukan semua bertelur)
Migrasi musiman (<i>Seasonal migration</i>)	Migrasi musiman meningkatkan overlap dengan perikanan lainnya. (memiliki pola migrasi yang sama dengan tuna)	Migrasi musiman tidak <i>substantially</i> mempengaruhi <i>overlapping</i> dengan perikanan lainnya (kadang-kadang kita masih temukan cakalang dalam jumlah yang sedikit)	Migrasi musiman tidak <i>substantially</i> mempengaruhi <i>overlapping</i> dengan perikanan lainnya (kadang-kadang kita masih temukan Lemadang dalam jumlah yang sedikit)
Kelompok Berkumpul (Schooling aggregation)	Reson tingkah laku meningkat yang juga mempengaruhi catchability dari alat (tingkah laku schooling meningkat peluangnya dan catchability)	Respon tingkah laku meningkatkan catchability alat (tingkah laku schooling akan meningkatkan peluang tangkapan)	Respon tingkah laku meningkatkan catchability alat (tingkah laku schooling akan meningkatkan peluang tangkapan)
Efek morfologi (<i>Morfology affecting</i>)	<i>Species</i> terlihat tinggi selectivitasnya terhadap alat tangkap (morphology relative lengkap)	<i>Species</i> terlihat tinggi selectivitasnya terhadap alat tangkap (morphology relative lengkap)	<i>Species</i> terlihat tinggi selectivitasnya terhadap alat tangkap (morphology relative lengkap)
Kemampuan hidup setelah penangkapan (<i>Survival after Capture</i>)	33% < peluang survivalnya dan <67% (species ditemukan dalam kondisi hidup)	33% < peluang survivalnya dan <67% (spesies ditemukan dalam kondisi hidup)	33% < peluang survivalnya dan <67% (species ditemukan dalam kondisi hidup)
Nilai ekonomi ikan (<i>Desirability/Value of the fishery</i>)	Stok sangat tinggi nilai ekonominya dan juga memiliki harga yang tinggi.	Stok sangat tinggi nilai ekonominya dan juga memiliki harga yang tinggi.	Stok sangat tinggi nilai ekonominya dan juga memiliki harga yang tinggi.
Dampak perikanan pada ekosistem (<i>Fishery Impact to essential fish habitat</i>)	Tidak dampak yang merugikan, minimal atau berkala (Alat tangkap menangkap selektif, hanya dioperasikan di kolom air tanpa merusak habitat)	Tidak dampak yang merugikan, minimal atau berkala (Alat tangkap menangkap selektif, hanya dioperasikan di kolom air tanpa merusak habitat)	Tidak dampak yang merugikan, minimal atau berkala (Alat tangkap menangkap selektif, hanya dioperasikan di kolom air tanpa merusak habitat)

Tabel 4. Skor atribut produktivitas ikan baby tuna, cakalang dan lemadang

Productivity Attributes	Baby Tuna			Cakalang			Lemadang		
	Bobot (1-4)	Skor Atribut (1-3)	Skor kualitas data (1-5)	Bobot (1-4)	Skor Atribut (1-3)	Skor kualitas data (1-5)	Bobot (1-4)	Skor Atribut (1-3)	Skor kualitas data (1-5)
Pertumbuhan Instrisik (<i>Intrinsic growth</i>)	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Umur Maksimum (<i>Max age</i>)	2	3	4	2	2	4	2	3	4
Ukuran Maksimum (<i>Max size</i>)	2	2	1	2	3	1	2	2	1
Laju pertumbuhan/K (<i>Growth coefficient</i>)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Kematian alami/M (<i>Natural mortality</i>)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Fekunditas (<i>Fecundity</i>)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Strategy pemijahan (<i>Breeding strategy</i>)	2	2	4	2	2	1	2	2	1
Pola rekrutment (<i>Recruitment pattern</i>)	2	2	1	2	2	1	2	2	1
Umur saat matang gonad (<i>Age at Maturity</i>)	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Rata-rata tropic level (<i>Mean tropic level</i>)	2	1	4	2	1	4	2	1	4
Rataan	2	2.5	2.5	2	2.50	2.20	2	2.50	2.20

Tabel 5. Skor atribut susceptibilitas ikan baby tuna, cakalang dan lemadang

Atribut Susceptibilitas	Baby Tuna			Cakalang			Lemadang		
	Bobot (1-4)	Atribut score (1-3)	Skor quality data (1-5)	Bobot (1-4)	Atribut score (1-3)	Skor quality data (1-5)	Bobot (1-4)	Atribut score (1-3)	Skor quality data (1-5)
Manaement Strategi	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Tumpang tindih area (<i>Area overlap</i>)	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Daerah Sebaran geografis (<i>Concentrasi geografis</i>)	2	1	2	2	1	2	2	1	2
Tumpang tindih vertical (<i>Vertical overlap</i>)	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Rasio Mortalitas fishing terhadap alami (F / M)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Kematian penangkapan (<i>Fishing mortality</i>)	2	1	1	2	2	1	2	3	1
Biomass stok pemijahan SSB (<i>spawning stock biomass</i>)	2	3	1	2	2	1	2	1	1
Migrasi musiman (<i>Seasonal migration</i>)	2	2	1	2	1	1	2	1	1
Kelompok Berkumpul (<i>Schooling aggregation</i>)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Efek morfologi (<i>Morfology affecting</i>)	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Kemampuan hidup setelah penangkapan (<i>Survival after Capture</i>)	2	2	1	2	2	1	2	2	1
Nilai ekonomi ikan (<i>Desirability/Value of the fishery</i>)	2	3	1	2	3	1	2	2	1
Dampak perikanan pada ekosistem (<i>Fishery Impact to essential fish habitat</i>)	2	1	1	2	1	1	2	1	1

Dari nilai skor diatas, nilai bobot dari parameter susceptibilitas ikan tuna, cakalang dan lemadang yaitu sebesar 2. Rata-rata skor atribut ikan baby tuna yaitu (2,38±0,87), ikan cakalang (2,30±0,85) dan ikan lemadang (2,23±0,93). Sementara itu rata-rata kualitas data yaitu 1,30 yang tergolong cukup baik datanya.

Mengurangi kematian ikan *bycatch* akibat penangkapan yang sudah lebih dari 30% harus dengan mengurangi fishing effort dan FAD (Kirby *et al.*, 2014). Dalam upaya mendorong pengelolaan perikanan berbasis ekosistem, *bycatch* tidak boleh lebih dari 8% (Kirby *et al.*, 2014). Dalam tata kelola alat tangkap, purse seine dan longline merupakan alat utama yang juga

menangkap baby tuna, sea turtle dan shark (Gilman, 2011). Alat tangkap purse seine dominan menangkap baby tuna (Gilman, 2011). Dalam mitigasi *bycatch* selain mengurangi *bycatch*, juga perlu pengaturan metode penangkapan pembatasan daerah penangkapan (Gillman, 2011). Tuna tropis menunjukkan pola diet yang berbeda dalam ruang habitat secara vertical. Perubahan komposisi makanan lebih konsisten pada kondisi migrasi vertical dan horizontal. Perbedaan spasial dalam distribusi vertikal menunjukkan bahwa kerentanan *T. albacores* sangat dipengaruhi oleh letak geografis (Williams *et al.*, 2015).

Pembahasan

Data *life history* sering digunakan untuk evaluasi pilihan antara konservasi ekosistem dan konservasi spesies (Fredou, 2012). Pemahaman tentang *life history* pada ikan target dan *bycatch* juga jadi pedoman dalam pengelolaan berbasis ekosistem dan sebagai pertimbangan bagi informasi kerentanan terhadap beban eksploitasi dan susceptibility terhadap penangkapan (Gilman *et al.*, 2014). Dalam hal *susceptibility species bycatch*, masih terbatas data dari resiko kepunahan.

Tingkat kerentanan ikan *bycatch* tuna dari kedua atribut diatas yang dilakukan diperoleh nilai kerentanan dari ikan baby tuna adalah 1,66, ikan cakalang 1,27 dan 1,42 untuk ikan lemadang. Menurut Patrick *et al.* (2009) bahwa nilai kerentanan yang lebih besar dari 1,8 tergolong potensial *overfishing*. Berdasarkan kriteria tersebut dan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai kerentanan ketiga jenis ikan (baby tuna, cakalang, dan lemadang) masih kurang dari 1,8, yang berarti belum berpotensi *overfishing*. Nilai kerentanan tersebut tergolong tinggi karena sering ikan *bycatch* tertangkap lebih banyak dari ikan target. Untuk itu perlu diperhatikan tingkat pemanfaatannya *bycatch* tuna agar tidak terjadi tangkap lebih atau *overfishing*. Kondisi ini dapat berbahaya terutama terhadap baby tuna yang perlu dijaga agar menjadi dewasa untuk kemudian baru ditangkap. Hasil perhitungan dengan *software* PSA NOAA diperoleh nilai pada Tabel 6.

Penangkapan mahi-mahi dengan jenis pancing berbentuk huruf J dan berbentuk huruf O tidak menunjukkan perbedaan hasil tangkapan yang nyata (Ward *et al.*, 2009). Informasi *discard* juga digunakan untuk mengkaji informasi stok tuna, mitigasi dan menjamin hidup ikan kecil (Huang dan Liu, 2010). Apabila penangkapan tidak menimbulkan resiko yang ada mengacu pada

laju tangkap antara 36-49%, *spawning biomass* 90-98%, *spawning mortality* pada level 3-5% dalam kondisi MSY (Pillig *et al.*, 2016). Lebih 50% dari *Albacores* dan 54% dari *Skippjack* merupakan *bycatch* yang tertangkap dengan longline (Williams *et al.*, 2015).

Secara keseluruhan data-data tentang produktivitas dan suceptabilitas dari ikan *bycatch* cukup baik kualitasnya. Skor kualitas data sebesar 1,3 menyatakan bahwa data input cukup baik sehingga hasil analisis dapat dijadikan gambaran tentang kondisi kerentanan ikan *bycatch* tuna di Sendang Biru. Sebaran data yang dianalisis dengan scatter plot ketiga jenis ikan tersebut seperti ditampilkan pada Gambar 2.

Nilai atribut skor relatif sama menunjukkan bahwa ikan ini memiliki interaksi yang kuat. Dengan kualitas data yang sama terdapat beberapa kemungkinan yang menyebabkan kerentanan berbeda. Karakteristik ikan lemadang yang relative sering terpisah dari schooling tuna dan cakalang bisa menjadi alasan rendahnya kerentanan mahi-mahi disbanding lainnya.

Penangkapan dan *release* menghasilkan dampak fisik yang dapat menurunkan pertumbuhan (Wilson *et al.*, 2014) dan toleransi resiko dari kematian setelah penangkapan. Fase *mortality post capture* dan lethal saat di dek kapal menunjukkan pengaruh negatif terhadap kesegaran ikan (Nilon). *Squid* banyak juga yang *bycatch* (1,9%) dengan alat tangkap tuna purse seine (Olson *et al.*, 2006). Penelitian tentang komposisi asam lemak memperlihatkan ada interaksi interspesifik dalam jenis *big eye tuna* (BEY) dengan *yellow fine tuna* (YFT) serta skipjack (Sardene *et al.*, 2016). Taiwan observer mencatat *fishing mortality* dengan longline tidak lebih dari 0,55/thn (Sun *et al.*, 2002).

Hasil analisis kerentanan ikan diplotkan pada kurva hubungan produktivitas dan suceptabilitas dengan tampilan seperti Gambar 3. Pada Gambar 3, jika titik berada di dalam garis berwarna biru menunjukkan batas aman dari risiko kerentanan. Sedangkan garis berwarna hijau menunjukan batas moderate dari risiko dan merah garis yang menunjukkan berisiko tinggi.

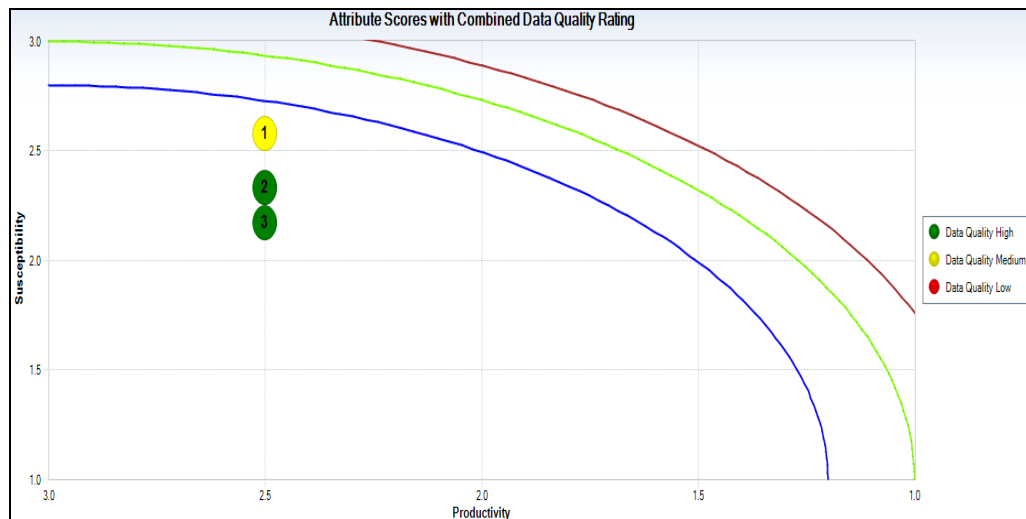
Gambar 3 menjelaskan bahwa ikan cakalang dan lemadang nilai produktivitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan nilai suceptabilitasnya, sehingga belum berisiko terjadi *overfishing*. Namun untuk ikan baby tuna nilai suceptabilitasnya lebih tinggi jika dibanding dengan produktivitasnya, sehingga harus berhati-hati agar tidak terjadi *overfishing*. Meningkatnya kerentanan *baby* tuna tidak mempengaruhi proses

recruitment baby tuna, tapi mempengaruhi kemampuan pulih atau resiliensinya tuna dewasa. Jika kemampuan resilience tuna dewasa rendah secara otomatis akan mengarah pada kondisi

rentan. Untuk mengantisipasi terjadinya penurunan kualitas tuna dewasa maka dapat dilakukan pengendalian penangkapan baby tuna.

Tabel 6. Tingkat kerentanan ikan baby tuna, cakalang, dan lemadang

Stok	Produktivitas		Sueptabilitas		Kerentanan
	Skor atribut produktivitas	Skor kualitas data produktivitas	Skor atribut sueptabilitas	Skor kualitas data sueptabilitas	
Baby Tuna	2,5	2,8	2,58	1,33	1,66
Cakalang	2,5	2,8	2,33	1,33	1,42
Lemadang	2,5	2,8	2,17	1,33	1,27



Gambar 3. Vulnerability ikan baby tuna (1) cakalang (2), dan lemadang (3)

Peningkatan kerentanan cakalang dipengaruhi musiman dan beberapa faktor lingkungan seperti kedalaman dan termoklin (Andrade dan Santos, 2004). Jenis *yellowfin*, *skipjack*, dan *big eye tuna* berbeda level susceptibilitasnya, *overfishing*, variasi laju tumbuh, umur pada saat matang gonad, dan daerah pemijahan (Davies *et al.*, 2015). Fredou *et al.* (2017) menemukan bahwa produktivitas *Thunus albacores* 2,63, *Coryphaena hippurus* 2,471, dan *Katsuwonus pelamis* 2,471. Tingkat sueptabilitas *Thunus albacores* 2,63, *Coryphaena* 2,09, dan *Katsuwonus pelamis* 2,143. Nilai skor kerentanan dari *Thunus albacores* 2,28, *Coryphaena hippurus* 1,213, dan *Katsuwonus pelamis* 1,26. Berdasarkan kriteria kerentanan menurut NOAA, bahwa kerentanan *Thunnus albacares* tergolong tinggi, *Coryphaena hippurus* dan *Katsuwonus pelamis* tergolong rendah. Menurut family, kelompok Coryphaenidae kerentanannya 1,46 dan Scombridae 1,74 yang sama sama rendah. Sedangkan menurut sebaran wilayah kerentanan di Samudera Atlantik lebih tinggi dari Samudera Hindia. Suryaman *et al.*, (2017) memperoleh nilai kerentanan tuna neritik berturut-turut untuk ikan tenggiri 1.25, tongkol krai 1.37, tongkol abu-abu 0.91, tongkol komo

1.49, dan tongkol lisong 1.41 di Pelabuhanratu. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum masih tergolong resiko dan rentan rendah. Sehingga dalam proses penangkapan tidak perlu dilakukan penambahan upaya tangkap, yang dapat memacu peningkatan tekanan. Namun diperlukan pengaturan Batasan kuota ikan bycatch yang diperbolehkan agar tidak mengarah pada eksploitasi.

KESIMPULAN

Penangkapan *bycatch* saat ini masih tergolong aman dan belum beresiko rentang, namun dalam jangka panjang bersamaan dengan menurunnya ikan tuna, dapat menyebabkan terjadinya kerentanan yang lebih besar pada kelompok ikan sampingan. Karena secara umum biasanya kelompok ikan *baby* tuna tetap menjadi hasil tangkapan saat ikan tuna besar tidak tertangkap. Secara umum risk (resiko) kerentanan masih rendah dari batasan skor yaitu 1,8 dan stok masih berpotensi berkelanjutan. Ikan tangkapan bycatch perikanan tuna di Sendangbiru harus dapat dikelola dengan baik agar tetap berkelanjutan.

Saran dari penelitian ini adalah perlu dikembangkan proses pendekatan alat tangkap

atau proses penangkapan yang tidak menyebabkan tinggi resiko *bycatch* tertangkap terutama dari kelompok ETP, serta pengawasan secara berkala terhadap proses penangkapan ikan tuna yang juga menangkap *bycatch*. Observer di Taiwan (Huang, 2011) melakukan edukasi pada nelayan tuna untuk mengurangi penangkapan *bycatch*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada WWF-Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan pengumpulan data bagi penyelesaian penelitian ini dan diperkenalkannya untuk dipublikasikan dalam jurnal ilmiah. Selain itu juga kepada seluruh tm yang terlibat dalam proses pengumpulan datanya dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ardelia V, Yonvitner, Boer M. 2016. Biologi reproduksi ikan tongkol *Euthynnus affinis* di Perairan Selat Sunda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 8(2):689-700.

Asch RG, Cheung WWL, Reygondeau G. 2018. Future marine ecosystem driver, bioiversity and fisheries maximum catch potential in Pacific Island Country and toritories under climate change. *Marine Policy*. 88:285-294.

Afonso AS, Santiago R, Hazin H, Hazin FHV. 2012. Shark by catch and mortality and hooks bite-offs in pelagic longlines. interaction between hook type and leader material. *Fisheries Research*. 131-133:9-14.

Andrade HA, Santos JAT. 2004. Seasonal trend in the recruit at of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the south west Atlantic. *Fisheries Research*. 66:185-194.

Bertram PK, Kaneko JK, Nakamura KK. 2010. Sea turtle bycatch to fish cacth rasio for differentiating hawaii longline caught seafood product. *Marine Policy*. 34:145-149.

Carruthers EH, Schneider DC, Neilson JD. 2009. Estimating the odds of survival and ientifying mitigation opportunities for common bycatch in pelagic longline fisheries. *Biological Conservation*. 142:2610-2630.

Chang SK, Maunder MN. 2012. Aging material matters in the estimation of van bartallanf growth parameter for dolphinfish

(*Coryphaena hippurus*). *Fisheries Research*. 119-120:147-153.

Cheung WW, Lam VW, Sarmiento JL, Kearney K, Watson R, Pauly D. 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and fisheries*. 10(3):235-251.

Davies TK, Mees CC, Milner EJ, Gulland. 2015. Second guesing uncertainty: scenario planning for management of The Indian Ocean tuna purse seine fisheries. *Marine Policy*. 62:169-177.

Fredou FL, Kell L, Fredou T, Gaertner D, Potier M, Bach P, Travassos P, Hazin F, Menard F. 2016. Life History traits and fishery pattern of teleost caught by the tuna longline in the South Altantic and Indian Ocean. *Fisheries Research*. 179:308-310.

Fredou FL, Kell L, Fredou T, Gaertner D, Potier M, Bach P, Travassos P, Hazin F, Menard F. 2017. Vulnerability of teleost caught by the pelagic tuna longline fleet in South Atlantic and Western Indian Oceans. *Deep-Sea Research II*. 140:230-241.

Froese R, Pauly D. Editors. 2020. World Wide Web electronic publication. FishBase.

Gilman EL. 2011. Bycatch governance and best practise mitigation technology in global tuna. *Marine Policy*. 35:590-609.

Gilman E, Owen M, Kraft T. 2014. Ecological risk assesement of The Marshall Island longline tuna fishery. *Marine Policy*. 44(14):239-255.

Hahlbeck N, Scales KL, Dewan H, Maxwell SM, Bograd SJ, Hazen EL. 2017. Oceanographic Determinant of ocean sunfish (*mola-mola*) and bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) bycatch pattern in the california large mesh size drift gilnet fishery. *Fisheries Research*. 191:154-163.

Hermawan D, Boer M, Dahuri R, Budiharsono S, Ma'ruf WF. 2012. Ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacores*) di perairan zona ekonomi eksklusif Indonesia Samudera Hindia Selatan Jawa Timur. *Jurnal Harpodon Borneo*. 5(1):1-11.

Huang HW. 2011. Bycatch of high sea longline fisheries and measures taken by Taiwan: action and challangge. *Marine Policy*. 35:712-720.

Huang HW, KM Liu. 2010. Bycatch and discard by taiwanese large scale tuna longline in the Indian Ocean. *Fisheries Research*. 106:261-270.

- Huang HW, Swimer Y, Bigelow K, Gutierrez A, Foster DG. 2016. Influence of hand type on catch of commercial and bycatch species in an Atlantic tuna fisheries. *Marine Policy*. 65:68-75.
- KKP 2014. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No 18 tahun 2014 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Lloret J, Zaragoza N, Cabalero D, Riera V. 2008. Biological and socioeconomic implication of recreational boat fishing for the management of fishing resources in The Marine Reserve of Cap de Creus (NW Mediterranean). *Fisheries Research*. 91:252-259.
- Lasso J, Zapata L. 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in The Pacific Coast of Colombia and Panama. *Sci. Mar*. 63:387-399.
- Kirby DS, Visserm C, Hanich Q. 2014. Assessment of eco-labelling schemes for Pacific tuna fisheries. *Marine Policy*. 43:132-142.
- Sunoko R, Huang HW. 2014. Indonesia tuna fisheries development and future strategy. *Marine Policy*. 43:174-183.
- Olson RJ, Roman-Verdesoto MH, Macias-Pita GL. 2006. Bycatch of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the tuna purse seine fishery of the eastern Pacific Ocean and predatory behavior during capture. *Fisheries Research*. 79(200):48-55.
- Olden JD, Kennard MJ, Pusey BJ. 2008. Species invasions and the changing biogeography of Australian freshwater fishes. *Global Ecology and Biogeography*. 17(1):25-37.
- Pillig GM, Berger AM, Reid C, Harley SJ, Hampton J. 2016. Candidate biological and economic target reference point for the South Pacific albacore longline fisheries. *Fisheries Research*. 174:167-178.
- Puspita R, Boer M, Yonvitner. 2017. Tingkat kerentanan ikan tembang (*Sardinella fimbriata*, Valenciennes 1847) dari kegiatan penangkapan dan potensi keberlanjutan di perairan Selat Sunda. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*. 1(1):17-23.
- Patrick WS, Spencer P, Ormseth O, Cope J, Field J, Kobayashi D, Gedamke T, Cortes E, Bigelow K, Overholtz W, Link J, Lawson P. 2009. Use of Productivity and Susceptibility Indices to Determine Stock Vulnerability, with Example Application to six US Fisheries. UA Dept of Commerce, NOAA. 117 pp.
- Patrick WS, Spencer P, Link J, Cope J, Field J, Kobayashi D, Lawson P, Gedamke T, Cortés E, Ormseth O, Bigelow K, Overholtz W. 2010. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing. *Fishery Bulletin*. 108(3):305-322.
- Pasparakis C, Mager EM, Stieglitz JD, Benneti D, Grosell M. 2016. Effect of deepwater horizon crude oil exposure, temperature, and developmental stage on oxygen consumption of embryonic and larval mahi-mahi (*Corphaena hippurus*). *Aquatic Toxicology*. 181:113-123.
- Rogan E, Mackey M. 2007. Megafauna bycatch in driftnet for albacore tuna (*Thunus allalungga*) in the NE Atlantic. *Fisheries Research*. 86:6-14.
- Riskas KA, Fuetes MMPB, Haman M. 2016. Justifying the need for collaborative management of fisheries bycatch. a lesson from marine turtle in Australia. *Biological Conservation*. 196:40-47.
- Sardenne F, Bodin N, Chassot E, Amiel A, Fouche E, Degroote M, Holanda S, Pethybridge H, Lebreton B, Guillou G, Menard F. 2016. Tropic niche of sympatric tropical tuna in Western Indian Ocean inferred by stable isotope and neutral fatty acid. *Progress in Oceanography*. 146:75-88.
- Sun CI, Ehrhardt NM, Porch CE, Yeh SZ. 2002. Analyses of yield and spawning stock biomass per recruit for the South Atlantic albacore. *Fisheries Research*. 56:193-204.
- Storai T, Zinzula L, Repetto S, Zuffa M, Morgan A, Mandelman J. 2011. Bycatch of large elasmobranchia in the traditional tuna traps (tonnare) of Sardinia from 1990-2009. *Fisheries Research*. 109(1):74-79.
- Schwenke KL, Buckel JA. 2008. Age and growth of *Coryphaena hippurus* caught off the coast of North Carolina. *Fish Bull*. 106:83-92.
- Suryaman E, Boer M, Adrianto L, Sadiyah L. 2017. Analisis produktivitas dan susceptibilitas pada tuna neritik di Pelabuhanratu. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 23(1):19-28.
- Ward P, Epe S, Kreutz D, Lawrence E, Robin C, Sands A. 2009. The Effect of Circle hooks J on bycatch and target catches in Australia

- pelagic longline fisheries. *Fisheries Research*. 97:253-262.
- Williams AJ, Allain V, Nicol SJ, Evans KJ, Hoyle SD, Dupoux C, Vourey E, Dubosc J. 2015. Vertikal behavior and diet of albacores tuna (*Thunnus allalunga*) vary with latitude in the South Pacific Ocean. *Deep Sea Research*. 11-113:154-169.
- Wilson SM, Raby GD, Burnett NJ, Hinch SG, Cooke SJ. 2014. Looking beyond the mortality of bycatch. sub lethal effect of incidental capture on main animal. *Biology Conservation*. 171:61-71.
- Yonvitner, Setyobudiandi I, Apriansyah, Hidayat DR. 2017a. Tropical eel: vulnerability approach untuk pengelolaan berkelanjutan. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*. 1(1):41-50.
- Yonvitner, Setyobudiandi I, Fahrudin A, Affandi R, Riani E, Triramdani N. 2017b. Review indikator dari indek PSA NOAA untuk ikan pelagis kecil (tembang: *Sardinella* sp.; Famili Clupeidae) dan ikan demersal (kuris: *Nemipterus* sp.; Famili Nemipteridae). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Perikanan Laut*. 8(8):123-135.
- Yonvitner, LIoret J, Boer M, Kurnia R, Akmal SG, Yuliana E, Yani DE, Gómez S, Setijorini LE. 2020. Vulnerability of marine resources to small-scale fishing in a tropical area: The example of Sunda Strait in Indonesia. *Fisheries Management and Ecology*. 27(5):472-480.