

POPULASI DAN RASIO POTENSI PEMIJAHAN IKAN CAKALANG (*Katsuwonus Pelamis* (Linnaeus, 1758)) DI PERAIRAN SELATAN BALI

*Population and Spawning Potential Ratio of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) in Southern Bali Waters*

Yesika Nanda Pramurdya^{1)*}, Ni Luh Watiniasih²⁾ dan I Ketut Ginantra²⁾

1). Mahasiswa Program Studi Magister Biologi Universitas Udayana

2). Dosen Program Studi Magister Biologi Universitas Udayana

Jalan Raya P.B Sudirman, Dangin Puri Klod, Kec. Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali

Email: yesikanandap@gmail.com, watiniasih@gmail.com dan ketut_ginantra@unud.ac.id

Diserahkan tanggal 2 Februari 2022, Diterima tanggal 25 Juli 2022

ABSTRAK

Penurunan hasil tangkapan ikan cakalang di wilayah Selatan Bali diduga merupakan mekanisme terjadinya tangkap lebih. Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi populasi dan stok ikan cakalang menggunakan metode rasio potensi pemijahan, dalam menunjang keberlanjutan sumberdaya ikan cakalang di wilayah Selatan Bali. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai Desember 2021. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan di UPTD TPI Kedonganan. Teknik sampling yang digunakan adalah *stratified random sampling*. Struktur panjang cagak ikan cakalang berkisar antara 24.1 – 27.1 cm FL sampai 55.1 – 58.1 cm FL dengan pola pertumbuhan bersifat allometrik positif. Persamaan laju pertumbuhan adalah $L_t = 59.7 (1 - e^{0.26(t+0.652106)})$. Nilai F sebesar 1.14; nilai M sebesar 0.488; nilai Z sebesar 1.628 dan nilai E sebesar 0.7 ($E > 0.5$) per tahun yang mengindikasikan bahwa telah terjadi tangkap lebih. Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan klasifikasi perkembangan gonad didominasi oleh ikan yang sudah matang gonad dengan nilai Lm ikan cakalang betina adalah 41.28 cm FL dan Lm ikan cakalang jantan adalah 41.29 cm FL. Stok ikan cakalang berada dalam kondisi *overexploited* yang ditunjukkan dari nilai SPR sebesar 19% ($SPR < 20\%$).

Kata kunci: SPR; Stok; Populasi; Cakalang; Perairan Selatan Bali

ABSTRACT

Decreasing catches of skipjack in Southern Bali waters is thought to be a mechanism for overfishing. The aim of this study is to estimate population and stock of skipjack tuna using spawning potential ratio method, in order to maintain the sustainability of this species in the southern region of Bali. This research was carried out from June to December 2021. Data collection was carried out through field observations at UPTD TPI Kedonganan. A stratified random sampling method was used as the chosen sampling technique in this study. The fork length (FL) structure of skipjack tuna ranges from 24.1-27.1 cm FL to 55.1-58.1 cm FL with a positive allometric growth pattern. The growth rate equation is $L_t = 59.7 (1 - e^{0.26(t+0.652106)})$. The F value is 1.14; M value = 0.488; Z value = 1.628; and E value = 0.7 ($E > 0.5$) per year, respectively. This indicates that overfishing has occurred in the area. Gonad Maturity Level (TKG) and gonad development classification were dominated by mature fish with the Lm value of female and male skipjack tuna being 41.28 cmFL and 41.29 cmFL. The results of another analysis showed that skipjack tuna stock was in an overexploited condition as indicated by the SPR value of 19% ($SPR < 20\%$).

Keywords: SPR; Stocks; Population; Skipjack; Southern Bali Waters

PENDAHULUAN

Ikan cakalang merupakan hasil tangkapan yang dominan didaratkan di UPTD TPI Kedonganan dan menjadi tangkapan nomor empat tertinggi setelah ikan lemuru, tembang dan layang. Satu kali operasi penangkapan rata – rata nelayan memperoleh 3 sampai 4 ton ikan cakalang. Provinsi Bali juga masuk ke dalam 11 provinsi di Indonesia dengan jumlah produksi cakalang terbesar (Firdaus *et al.*, 2018). Berdasarkan data produksi 5 tahun terakhir ikan cakalang mengalami fluktuasi hasil tangkapan yang cukup besar. Total produksi ikan cakalang tertinggi terjadi pada tahun 2018 yaitu 907.63 ton. Namun mulai tahun 2019 hasil tangkapan ikan cakalang di

TPI Kedonganan terus mengalami penurunan tahun (UPTD TPI Kedonganan, 2020). Hal ini diduga karena telah terjadi tangkap lebih pada tahun – tahun sebelumnya, sehingga stok ikan cakalang di perairan terus berkurang yang ditandai dengan semakin menurunnya hasil tangkapan ikan cakalang dari tahun ke tahun.

Menurut Triharyuni *et al.*, 2012 bahwa adanya indikasi penurunan hasil tangkapan ikan diakibatkan oleh tingginya angka pemanfaatan sumberdaya ikan, sehingga diperlukan kebijakan dalam mengelola sumberdaya ikan. Parameter populasi digunakan dalam menilai dan mengelola sumberdaya. Parameter populasi juga menjadi salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengestimasi suatu stok

sumberdaya ikan tertentu disuatu perairan dan juga mempelajari dinamika populasinya (Munyandorero dan Addis, 2020).

Penentuan dinamika dan ketahanan populasi ikan di bawah tekanan diperlukan atribut yang mempengaruhi sejarah hidup ikan antara lain: reproduksi, pertumbuhan dan kematian (Soares *et al.*, 2019). Menurut Palomeres *et al.*, 2020 bahwa faktor yang dapat mempengaruhi populasi ikan antara lain laju pertumbuhan, umur saat pertama kali matang gonad, kematian alami, fekunditas serta biomassa populasi saat ini.

Penilaian terhadap kelestarian stok dapat dilakukan dengan pengkajian stok ikan, salah satunya dengan analisis ratio potensi pemijahan berbasis ukuran panjang (*Length-Based Spawning Potential Ratio* atau LB-SPR) (Wujdi *et al.*, 2020). *Spawning Potential Ratio* (SPR) merupakan indeks relatif tingkat reproduksi dalam kondisi perikanan yang dieksploitasi. Prinsip dasar SPR adalah dengan membandingkan proporsi potensi pemijahan dari sumberdaya ikan yang tidak tertangkap atau tersisa dari tekanan penangkapan. Stok ikan yang tidak tertangkap dinilai dengan $SPR_{100\%}$, sedangkan tekanan penangkapan akan mengurangi nilai $SPR_{100\%}$, hingga menuju level tertentu (Prince *et al.*, 2020). Rasio potensi pemijahan digunakan untuk mengukur dan mencegah penangkapan berlebihan pada ikan. SPR menawarkan pendekatan yang sederhana untuk memeriksa efek dari mengeluarkan ikan dewasa dan atau remaja dari satu stok dan kemampuan stok untuk menghasilkan telur. SPR juga diartikan sebagai perbandingan rasio telur yang matang yang di produksi pada tingkat eksploitasi tertentu dibandingkan dengan jumlah telur yang di produksi pada kondisi stok sumberdaya ikan habis (Kern, 2020). Hommik *et al.*, 2020, mengungkapkan bahwa dalam melakukan analisis LB-SPR membutuhkan variabel input yaitu M/K (M adalah ratio kematian alami dan K adalah koefisien von Bertalanffy), L_{∞} (panjang asimtotik) dan ukuran saat matang gonad yang dispesifikasikan sebagai L_{50} dan L_{95} (ukuran saat 50% dan 95% populasi sudah dewasa). Metode analisis stok menggunakan pendekatan SPR dapat diterapkan pada kondisi perikanan dengan ketersediaan data yang miskin (*data poor fisheries*) dan khususnya pada perikanan skala kecil (Hordyk *et al.*, 2015). Hal ini sesuai dengan kondisi perikanan cakalang yang ada di UPTD TPI Kedonganan, yang masih tergolong perikanan skala kecil dengan data yang tersedia cukup terbatas.

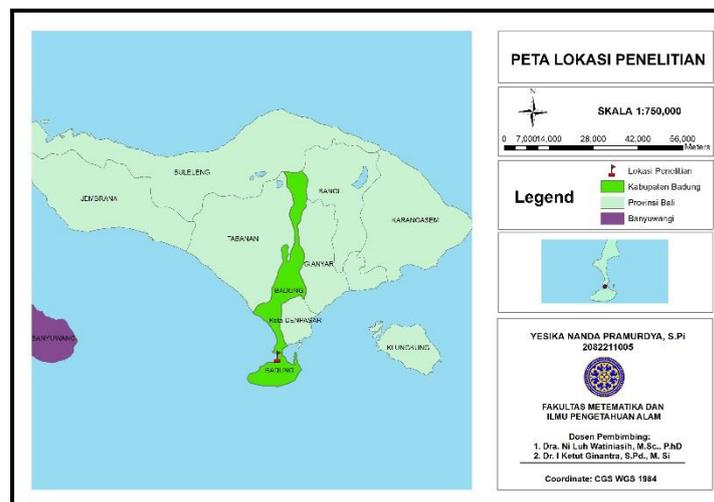
Penelitian mengenai parameter populasi ikan cakalang di daerah lain telah dilakukan diantaranya yang dilakukan oleh Rochman *et al.* (2015) di perairan Selatan Jawa, Zedta *et al.* (2017) di perairan Samudra Hindia, Mallawa *et al.* (2014) di perairan Laut Flores, namun belum ada yang menganalisis secara spesifik populasi dan kondisi stok ikan cakalang di perairan Selatan Bali, terutama dengan penggunaan metode LBSPR. Hal ini menjadi perhatian dan penting untuk diteliti, karena estimasi populasi dan kondisi stok sumberdaya ikan menjadi tolak ukur dalam menentukan pengelolaan sumberdaya. Hasil penelitian ini diharapkan akan dapat memberikan informasi terkait beberapa parameter populasi, ukuran ikan yang layak untuk ditangkap berdasarkan nilai L_m dan estimasi stok ikan cakalang berbasis rasio potensi pemijahannya, yang dapat digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan dan pengambilan keputusan dalam menunjang terwujudnya keberlanjutan sumberdaya ikan cakalang di wilayah Selatan Bali.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode survey lapangan (Salmarika *et al.*, 2018). Aspek – aspek yang dipergunakan dalam penelitian berupa pengukuran, penghitungan rumus dan kepastian data numerik. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *stratified random sampling* (Williams *et al.*, 2013). Dari hasil sampling diperoleh data sejumlah 1,202 ekor ikan cakalang.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) TPI Kedonganan, Jalan Pantai Kedonganan, Desa Kedonganan, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung Provinsi Bali dan berada pada koordinat 08°45'23,69" LS dan 115°10'5,57" (Gambar 1.). Waktu penelitian dimulai dari bulan Juni sampai Desember 2021. Waktu penelitian ini dipilih untuk mengoptimalkan pengambilan sampel ikan yang mewakili setiap kategori musim penangkapan. Musim penangkapan ikan cakalang dibagi menjadi empat kategori yaitu: (1). Musim tangkap I, bulan April – Juni, (2). Musim tangkap II, bulan September – November, (3). Bukan musim tangkap II, bulan Mei dan Juli dan (4). Bukan musim tangkap II, bulan Desember – Maret (Kekenusa *et al.*, 2012).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis Data

Hubungan Panjang dan Bobot

Hubungan Panjang dan bobot ikan dianalisis dengan model persamaan Hile (1936) sebagai berikut:

$$W = aL^b \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan : W= Bobot tubuh (gram); L= Panjang ikan (cmFL) ; a = *Intercept* dan b = *Slope*

Dari persamaan hasilnya digunakan untuk memprediksi pertumbuhan ikan cakalang yaitu dengan menguji nilai b, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jika nilai b = 3, maka pola pertumbuhan bersifat isometrik yaitu pertumbuhan bobot sama dengan pertumbuhan panjang.
2. Jika nilai b>3, maka pola pertumbuhan bersifat allometrik positif, yaitu pertumbuhan bobot lebih cepat daripada pertumbuhan panjang.

Jika nilai b<3, maka pola pertumbuhan bersifat allometrik negatif, yaitu pertumbuhan panjang lebih cepat daripada pertumbuhan bobot

Laju Pertumbuhan

Analisis laju pertumbuhan mengacu pada model von Bertalanffy dengan menggunakan aplikasi FiSAT II. Beberapa faktor yang dianalisis terdiri dari L_{∞} (panjang asimtotik atau panjang maksimum ikan yang mungkin dicapai sebelum mengalami mortalitas), K (koefisien pertumbuhan) dan t0 (umur ikan saat panjangnya 0) (Sparre and Venema, 1998).

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = K + L_{\infty} - L(t) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: L(t)= Panjang ikan pada saat berumur t (cm); L_{∞} = Panjang asimtotik ikan (cm); K= Koefisien pertumbuhan von Bertalanffy dan t0= Umur ikan pada saat panjangnya 0 cm

Laju mortalitas

Pendekatan dilakukan dengan melakukan input data parameter pertumbuhan yaitu L_{∞} dan K dengan mengikuti persamaan Beverton dan Holt (1986) sebagai berikut:

$$Z = K + \frac{L_{\infty} - L'}{L' - L''} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: Z= Total mortalitas; K = Koefisien pertumbuhan von Bertalanffy; L_{∞} = Panjang asimtotik; L' = Rata - rata panjang ikan dalam kelompok tertentu dan L'' = Panjang ikan terkecil dalam sampel

Mortalitas alami (M) dihitung menggunakan rumus empiris pauly (1984) dengan memasukkan parameter K, L_{∞} , dan T sebagai berikut:

$$\text{Log } M = -0,0066 - 0,279 \text{ Log } L_{\infty} + 0,6543 \text{ Log } K + 0,4634 \text{ Log } T \quad (4)$$

Keterangan: M= Total mortalitas alami; L_{∞} = Panjang asimtotik; K= Koefisien pertumbuhan von Bertalanffy dan T= Suhu rata - rata perairan

Mortalitas penangkapan (F) adalah total kematian ikan akibat adanya kegiatan penangkapan. Nilai F dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$F = Z - M \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan: F= Mortalitas penangkapan; Z= Total mortalitas dan M = Mortalitas alami

Laju Eksploitasi

Menurut Sparre and Venema (1998), maka berdasarkan nilai dugaan laju mortalitas penangkapan (F) dapat digunakan untuk menduga nilai dari laju eksploitasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = F / Z \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan: E= Laju eksploitasi; F= Mortalitas penangkapan dan Z = Total mortalitas

Laju Reproduksi Panjang Pertama Kali Matang Gonad / Lm

Panjang pertama kali matang gonad (Lm) dianalisis dengan metode Spearman - Karber (Udupa, 1986) dengan mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$m = xk + X/2 - (X \sum \pi_i) \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan: m= Logaritma ukuran pertama kali matang gonad; xk= Logaritma nilai tengah kelas terakhir dimana terjadi matang gonad 100%; X= Selisih logaritma nilai tengah dan π_i = Perbandingan matang gonad tiap kelas panjang

$$CL = \frac{\text{antilog} (m \pm \sqrt{1,96 \times 2 \sum \pi_i \times q_i})}{n_i - 1} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan: CL= *Confident limit* (batas atas dan bawah); M= Panjang pertama kali matang gonad dan N_i = Jumlah ikan pada kelas panjang ke-1

Panjang L95

Menurut King (2010) bahwa dalam menentukan nilai L95% menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = (1 + e^{-r(L-Lm)}) \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan: P= Proporsi matang gonad pada tiap - tiap kelas panjang cagak; r= Nilai kemiringan kurva; L= Panjang cagak (cm) dan Lm: Panjang matang gonad 50%.

Rasio Potensi Pemijahan

Rasio potensi pemijahan atau diestimasi berdasarkan data frekuensi panjang (*Length-based spawning potential ratio* atau LB-SPR) yang dikombinasikan dari alat - alat penangkapan ikan. Analisis SPR dilakukan terhadap ukuran dan umur dengan mengikuti metode Prince *et al.*, 2014 yaitu:

$$SPR = \frac{\sum_{t=0}^t EP_t}{\sum_{t=0}^{t_{max}} EP_t} \dots\dots\dots(10)$$

Nilai EP_t dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$EP_t = N_t * W_t * m_t \dots\dots\dots(11)$$

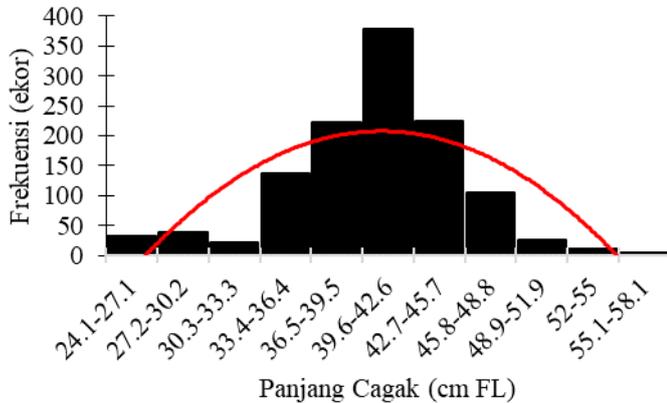
Keterangan: W_t = Bobot ikan pada umur ke - t dan M_t = Ukuran rata - rata ikan matang gonad

Analisis dilakukan melalui sebuah website resmi yang dikembangkan oleh Murdoch University yaitu: <http://barefootecologist.com.au/lbspr.html>.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Ukuran dan Rata – Rata Panjang Ikan Tertangkap

Pengukuran panjang cagak ikan cakalang dilakukan secara *startified random sampling* di UPTD TPI Kedonganan terhadap 1,202 ekor ikan. Hasil sampling menunjukkan bahwa panjang cagak ikan cakalang umumnya berkisar antara 24.1 – 27.1 cm FL sampai 55.1 – 58.8 cm FL yang didominasi oleh ikan dengan panjang 39,6 – 42,6 cm FL sebanyak 378 ekor (Gambar 2.)



Gambar 2. Struktur Ukuran Ikan Cakalang Tertangkap

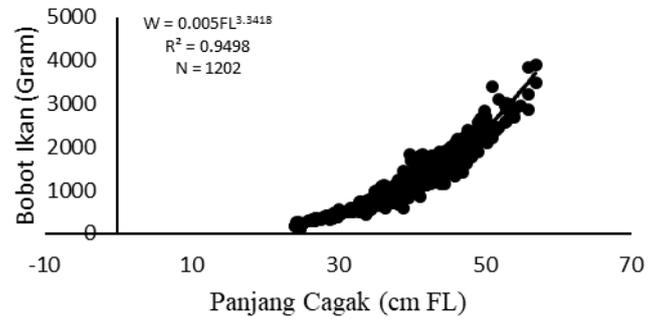
Penelitian yang dilakukan Zedta *et al.*, (2017) di Wilayah Pengelolaan Perikanan / WPP 573 (Pacitan dan Sendang Biru) terhadap 5,923 ekor ikan cakalang yang tertangkap menggunakan pukat cincin dan pancing ulur memiliki panjang terkecil adalah 20 cm FL dan panjang tertinggi yang tertangkap tertangkap adalah 64 cm FL. Menurut Hidayat *et al.*, 2017 di wilayah perairan Samudra Pasifik bagian Barat, ikan cakalang hasil tangkapan pancing tonda dan pancing ulur memiliki panjang terkecil 15 cm FL dan tertinggi 94 cm FL dengan dominansi tertangkap pada ukuran 40 – 45 cm FL. Menurut Tilohe *et al.*, 2014 di Perairan Gorontalo, hasil pengukuran pada 933 ekor ikan cakalang menunjukkan bahwa panjang tubuh ikan cakalang berkisar antara 19.80 – 53.10 cm dengan bobot berkisar antara 130 – 2500 gram. Menurut Rochman *et al.*, 2015 yang melakukan penelitian struktur populasi ikan cakalang di Perairan Samudra Hindia Selatan Jawa (Cilacap, Pacitan, Pelabuhan Ratu dan Sendang Biru) bahwa rata – rata panjang ikan cakalang yang tertangkap pada pukat cincin, jaring insang, rawai tuna dan pancing ulur adalah 20 – 65 cm FL. Sedangkan Amir dan Mallawa (2015) bahwa ukuran panjang cagak ikan cakalang yang tertangkap di Perairan Selat Makassar dengan menggunakan pukat cincin dan pancing ulur berkisar antara 12.5 cm FL sampai 72.5 cm FL.

Berdasarkan hasil penelitian dan beberapa referensi pada penelitian lain adanya perbedaan ukuran tangkap ikan cakalang. Hal ini dipengaruhi oleh adanya perbedaan jenis alat tangkap yang digunakan. Menurut (Shabrina *et al.*, 2021) bahwa perbedaan alat tangkap akan menentukan perbedaan tingkat selektivitas suatu alat tangkap. Selektivitas alat tangkap dapat dijadikan salah satu pilihan dalam mengatur ukuran ikan tertangkap. Hendaknya ikan yang tertangkap merupakan ikan – ikan dewasa yang telah melakukan pemijahan, sehingga tidak berisiko mengganggu keseimbangan stok. Menurut (Andini *et al.*, 2016) semakin kecil ukuran ikan tertangkap pada suatu alat

tangkap dapat dikatakan bahwa alat tangkap tersebut kurang *selective*. Menurut (Chaliluddin *et al.*, 2019) alat tangkap pancing merupakan salah satu alat tangkap *selectif* dan ramah lingkungan, hal ini dikarenakan alat tangkap pancing dapat mengatur ukuran ikan yang tertangkap dengan mekanisme pengaturan nomor mata pancing dan jenis umpan yang digunakan.

Hubungan Panjang dan Bobot Tubuh

Hasil analisis hubungan panjang dan bobot ikan cakalang secara keseluruhan di Perairan Selatan Bali diperoleh persamaan $W = 0.005 FL^{3.3418}$ dengan nilai R^2 adalah 0.9498 (95%) (Gambar 3.). Nilai R^2 dapat diartikan sebagai sebuah nilai yang menunjukkan besaran pengaruh antara variabel (X) dan variabel (Y) dengan kisaran nilai antara 0 – 1, semakin nilainya mendekati 1 maka hubungan atau pengaruh antara variabel (X) dan (Y) akan semakin tinggi. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh nilai R^2 sebesar 0,95 yang berarti bahwa hubungan antara panjang dan bobot tubuh ikan sangat tinggi. Berdasarkan persamaan tersebut juga didapatkan nilai b sebesar 3.3418 ($b > 3$), sehingga pola pertumbuhan ikan cakalang hasil tangkapan di perairan Selatan Bali bersifat *allometrik positif* yang artinya penambahan bobot tubuh lebih cepat daripada penambahan panjangnya.



Gambar 3. Hubungan Panjang dan Bobot Ikan Cakalang

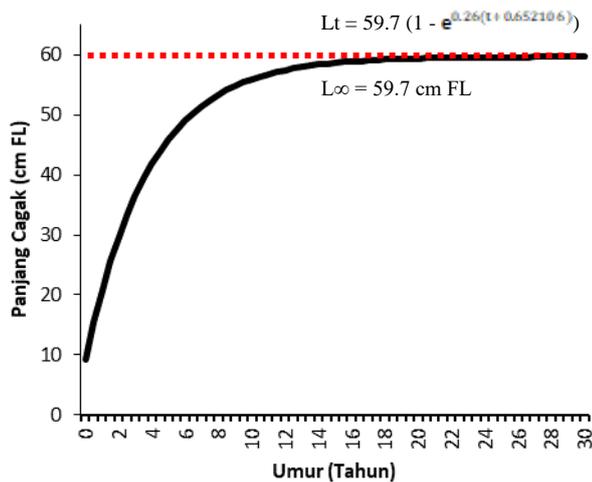
Menurut Danu *et al.*, 2021 bahwa hubungan panjang dan bobot ikan cakalang di perairan Nusa Tenggara Timur dengan jumlah sampel sebanyak 950 ekor didapatkan hasil nilai b berkisar antara 3.069928 sampai 3.302039 dengan selang kepercayaan 95%, sehingga dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pola pertumbuhan ikan cakalang di perairan NTT adalah *allometrik positif*. Menurut Tilohe *et al.*, 2014 bahwa pola pertumbuhan ikan cakalang di perairan Gorontalo bersifat *allometrik positif* dengan nilai b sebesar 3.1565 dan nilai R^2 sebesar 0.9855 (98%). Sedangkan menurut Nurdin dan Panggabean (2017), hasil penelitian hubungan panjang dan bobot ikan cakalang di PPN Pelabuhanratu diperoleh persamaan $W = 0.011L^{3.115}$ dengan nilai $R^2 = 0.921$, sehingga berdasarkan hasil pola pertumbuhan ikan cakalang bersifat *allometrik positif* yaitu penambahan bobot lebih cepat daripada penambahan panjang.

Pola pertumbuhan ikan cakalang di berbagai wilayah perairan di Indonesia bersifat *allometrik positif* (Danu *et al.*, 2021 ; Tilohe *et al.*, 2014 ; Nurdin dan Panggabean, 2017). Faktor yang mempengaruhi pola pertumbuhan suatu spesies meliputi habitat, lingkungan, musim, sumber makanan, tingkat kematangan gonad, kesuburan perairan, kesehatan, umur, jenis kelamin dan pengaruh intensitas penangkapan terhadap populasi spesies ikan tersebut (Jamal *et al.*, 2011). Sedangkan menurut Cahya *et al.*, 2016 bahwa faktor kondisi lingkungan

yang mempengaruhi kesuburan perairan terdiri dari klorofil dan suhu permukaan laut. Kedua parameter ini akan mempengaruhi ketersediaan makanan, penyebaran ikan, migrasi ikan, penggerombolan, pemijahan serta periode migrasi musiman dan keberadaan ikan pada suatu area.

Laju Pertumbuhan

Hasil perhitungan dengan persamaan Von Bertalanffy yang dikombinasikan dengan rumus Pauly (1983) diperoleh estimasi nilai L_{∞} ikan cakalang adalah 59.7 cm FL, $K = 0.26$ /tahun dan nilai $t_0 = -0.65$ (Gambar 4). Hasil perhitungan parameter pertumbuhan tersebut menghasilkan persamaan pertumbuhan adalah $L_t = 59.7 (1 - e^{0.26(t+0.652106)})$.



Gambar 4. Kurva Laju Pertumbuhan

Tabel 1. Parameter Pertumbuhan

| Sumber | Lokasi | L_{∞} | k | t_0 |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------|------|-------|
| Zedta, <i>et al.</i> (2017) | WPP 573 (Pacitan dan Sendang Biru) | 67.20 | 0.27 | -0.59 |
| Jamal, <i>et al.</i> (2012) | Perairan Teluk Bone | 75.9 | 0.2 | -0.36 |
| Rochman, <i>et al.</i> (2015) | Perairan Selatan Jawa | 80.85 | 1.1 | -0.11 |
| Hidayat, <i>et al.</i> (2017) | Samudra Pasifik Utara Papua | 101.85 | 0.41 | -0.28 |
| Penelitian ini | Perairan Selatan Bali | 59.7 | 0.26 | -0.65 |

Panjang asimtotik ikan cakalang yang diperoleh pada penelitian ini umumnya lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya (Tabel 1.) seperti pada penelitian Rochman *et al.*, 2015 bahwa nilai L_{∞} ikan cakalang yang didaratkan di Cilacap, Pelabuhan Ratu, Pacitan dan Sendang Biru adalah 80.85 cm FL, Zedta *et al.*, 2017 menyatakan bahwa nilai L_{∞} ikan cakalang di Pacitan dan Sendang Biru adalah

67.20 cm FL, Jamal *et al.*, 2012 yang melakukan penelitian di Teluk Bone menyatakan bahwa nilai L_{∞} ikan cakalang adalah 75.9 cm FL. Perbedaan nilai L_{∞} ikan cakalang dipengaruhi oleh faktor kondisi perairan yang berbeda, pola penangkapan dan selektivitas alat tangkap (Zedta *et al.*, 2017).

Nilai koefisien pertumbuhan (K) adalah nilai yang menunjukkan kecepatan suatu spesies ikan untuk mencapai panjang asimtotiknya (Toatubun, 2015). Semakin besar nilai K maka semakin cepat pula laju pertumbuhan ikan dan semakin pendek pula umur ikan tersebut begitu pula sebaliknya (Nasution, 2009). Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai K dari ikan cakalang adalah 0.26. Hasil ini mendekati dengan nilai K ikan cakalang dari penelitian yang dilakukan oleh Jamal, *et al.*, 2012 sebesar 0.2 dan Zedta *et al.*, 2017 sebesar 0.27. Perbedaan nilai K pada spesies yang sama disebabkan karena adanya perbedaan kondisi perairan dan ketersediaan makanan di tempat ikan tumbuh dan berkembang (Zedta *et al.*, 2017).

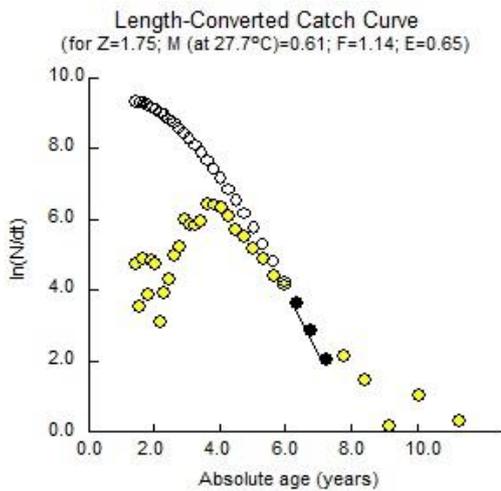
t_0 merupakan umur teoritik ikan pada saat panjangnya sama dengan 0 adalah parameter umur di awal populasi ikan. Nilai t_0 merupakan hasil perhitungan antara nilai L_{∞} dan K. Umur teoritik pada penelitian ikan cakalang di perairan Selatan Bali adalah -0.65. Hasil nilai t_0 yang diperoleh mendekati nilai t_0 pada penelitian yang dilakukan oleh Zedta *et al.*, 2017 yaitu -0.59.

Laju Mortalitas dan Eksploitasi

Nilai – nilai parameter populasi ikan cakalang dapat digunakan sebagai bahan masukan dalam membuat kurva hasil tangkapan yang berfungsi dalam menduga nilai mortalitas (mortalitas alami dan mortalitas penangkapan) dan laju eksploitasi ikan cakalang di Perairan Selatan Bali. Laju mortalitas (Z) untuk populasi ikan yang sudah tereksploitasi merupakan kombinasi antara nilai mortalitas alami (M) dan mortalitas penangkapan (F). Hasil penghitungan nilai Z dengan menggunakan *Length Converted Catch Curve* dari program FISAT II adalah sebesar 1.75/tahun sedangkan nilai M dengan rata – rata suhu perairan Selatan Bali yaitu 27.7°C adalah 0.61/tahun dan nilai F sebesar 1.14/tahun (Gambar 5.). Menurut Pauly (1980), merekomendasikan laju mortalitas alami untuk ikan yang bersifat *highly migratory* / bermigrasi jauh seperti ikan cakalang harus dikalikan dengan 0.8, sehingga nilai laju mortalitas alami (M) menjadi 0.488 per tahun dan nilai total mortalitas (Z) sebesar 1.628 per tahun.

Nilai laju ekplotasi (E) merupakan perbandingan antara nilai kematian akibat penangkapan (F) dengan total kematian ikan (Z). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai E sebesar 0.7/tahun ($E > 0.5$) (Gambar 5.) yang artinya laju eksploitasi terhadap ikan cakalang di Perairan Selatan Bali sudah sangat tinggi atau tangkap lebih.

Nilai M sebesar 0.59 per tahun, nilai F 0.43 per tahun dan nilai Z sebesar 1.02 per tahun (Zedta *et al.*, 2017). Menurut Hidayat *et al.*, 2017 bahwa nilai mortalitas total (Z) ikan cakalang di Perairan Samudra Pasifik Utara Papua sebesar 1.22 per tahun dengan masing – masing nilai M sebesar 0.6 per tahun dan F sebesar 0.62 per tahun. Sedangkan menurut Rochman *et al.*, 2015 menyebutkan bahwa nilai total mortalitas ikan cakalang di wilayah perairan Selatan Jawa sebesar 2.99 per tahun dengan nilai M sebesar 1.44 dan nilai F sebesar 1.55 per tahun.



Gambar 5. Kurva Laju Mortalitas dan Eksploitasi

Hasil penelitian terkait tingkat mortalitas ikan cakalang pada setiap lokasi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Menurut Kartini *et al.* (2017), bahwa tingkat mortalitas suatu spesies ikan ditentukan oleh beberapa faktor antara lain habitat, umur, stres, predasi (pemangsa), efektivitas alat tangkap, jenis alat tangkap dan waktu penangkapan. Berdasarkan hasil ini juga menunjukkan bahwa di wilayah perairan Selatan Bali tingkat kematian ikan akibat penangkapan cukup tinggi jika dibandingkan dengan wilayah lainnya, hal ini tentu saja menjadi perhatian penting. Tingginya angka kematian akibat penangkapan dapat menunjukkan tingginya laju eksploitasi pada sumberdaya ikan cakalang.

Nilai laju eksploitasi (E) ikan cakalang di perairan Selatan Bali sebesar 0.70 per tahun. Pada penelitian lain nilai laju eksploitasi ikan cakalang di perairan Selatan Jawa sebesar 0.52 per tahun (Rochman *et al.*, 2015). Penelitian Hidayat *et al.*, 2017 di Samudra Pasifik Utara Papua nilai E ikan cakalang sebesar 0.46 per tahun. Sedangkan menurut Zedta *et al.*, 2017 mengungkapkan nilai E ikan cakalang sebesar 0.42 per tahun.

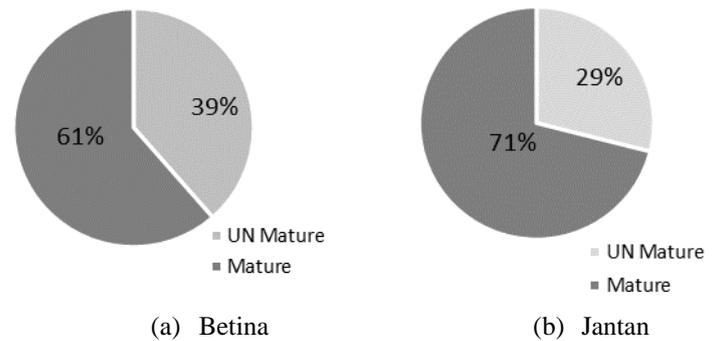
Nilai laju eksploitasi yang berbeda disetiap daerah penangkapan dipengaruhi oleh faktor mortalitas, jenis alat tangkap, pola penangkapan dan selektivitas alat tangkap. Nilai E yang optimum dan menunjukkan kelestarian sumberdaya setara dengan 0.5 (Gulland, 1971). Sehingga berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa kondisi stok sumberdaya ikan cakalang di wilayah perairan Selatan Bali berdasarkan nilai laju eksploitasinya telah mengalami *overfishing*, hal serupa juga terjadi pada stok di wilayah perairan Selatan Jawa. Hasil ini berbanding terbalik dengan kondisi perikanan di wilayah Samudra Pasifik yang masih tergolong *under exploited*. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan ikan cakalang di wilayah Indonesia bagian Barat jauh lebih tinggi dibandingkan di wilayah Indonesia Timur. Sehingga untuk mengurangi penurunan stok lebih tinggi di area Indonesia Barat, sudah seharusnya saat ini pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di arahkan ke Indonesia bagian Timur.

Laju Reproduksi

Sampel gonad ikan cakalang diperoleh dari hasil tangkapan pancing ulur yang beroperasi di perairan Selatan Bali. Pengambilan sampel gonad dilakukan setiap bulan yaitu bulan Juni sampai November 2021. Pengamatan perkembangan gonad dilakukan pada 808 ekor ikan cakalang yang terbagi

dalam dua kelompok yaitu 428 ekor sampel ikan betina dan 380 ekor sampel ikan jantan dengan rentang panjang cagak antara 33 sampai 55 cm FL.

Analisis perkembangan gonad secara visual kemudian dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu gonad yang belum matang (*UN mature*) dan gonad yang telah matang (*mature*). Gonad dengan kategori belum matang yaitu TKG I dan TKG II, sedangkan gonad yang telah matang yaitu TKG III, TKG IV dan TKG V. Berdasarkan pengelompokkan tersebut maka untuk gonad betina yang belum matang didapatkan sampel sejumlah 165 (39%) dan yang telah matang didapatkan sampel sejumlah 263 (61%) (Gambar 6. (a)). Sedangkan untuk gonad jantan yang belum matang didapatkan sampel sejumlah 110 (29%) dan yang telah matang didapatkan sampel sejumlah 270 (71%) (Gambar 6. (b)).



Gambar 6. Proporsi Gonad Ikan

Tingkat kematangan gonad adalah tahap tertentu perkembangan gonad sebelum dan sesudah ikan memijah terutama pada ikan betina. Adapun faktor – faktor yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kematangan gonad adalah faktor internal (spesies, umur dan ketersediaan hormon) dan faktor eksternal (suhu perairan dan jenis makanan) (Jatmiko *et al.*, 2015).

Lm dan L95

Ukuran pertama kali matang gonad (Lm) merupakan ukuran pada saat 50% ikan berada pada kondisi matang gonad. Panjang ikan pertama kali matang gonad dianalisis berdasarkan data Tingkat Kematangan Gonad (TKG). Analisis panjang Lm menggunakan metode Spearman – Karber. Hasil analisis menunjukkan bahwa, nilai Lm ikan cakalang betina adalah 41.282 cm FL dan Lm ikan cakalang jantan adalah 41.290 cm FL. Berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa ikan cakalang jantan dan betina mengalami matang pada ukuran yang hampir sama.

Hasil analisis ini ternyata tidak jauh berbeda dengan yang dilakukan oleh Restianingsih dan Amri (2018), bahwa panjang pertama kali ikan cakalang matang gonad / Lm di Perairan Laut Flores adalah 41.1 cm FL. Menurut Jatmiko *et al.*, 2015 bahwa setelah dilakukan perhitungan panjang pertama kali matang gonad ikan cakalang di perairan Samudra Hindia bagian barat adalah 42.9 cm atau berada pada kisaran 41.6 – 44.3 cm. Hasil penelitian lain mengungkapkan bahwa nilai Lm pada ikan cakalang diperairan Selatan Bali adalah 44.7 cm FL (Hartaty dan Arnenda, 2019). Menurut Larasati (2011) bahwa perbedaan ukuran pertama kali matang gonad disebabkan oleh beberapa faktor antara lain kebiasaan makan, umur, ukuran dan kondisi fisiologis dari ikan tersebut. Ukuran matang gonad pada penelitian ini lebih kecil daripada

penelitian lainnya disebabkan akibat tekanan penangkapan yang tinggi. Keberlangsungan populasi ikan dapat dipertahankan dengan cara mempercepat proses reproduksinya yang ditandai dengan nilai L_m yang kecil dibandingkan daerah lainnya (Restianingsih dan Amri, 2018). Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa walaupun dilakukan pada daerah yang sama namun berbeda tahun penelitian nilai L_m tidak sama dan bahkan jauh dibawahnya, hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan tekanan penangkapan di wilayah perairan Selatan Bali.

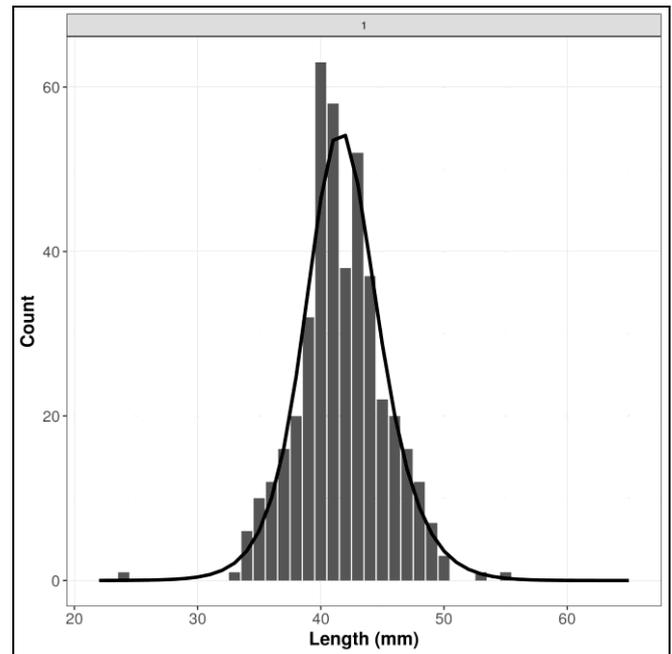
Adanya tekanan penangkapan yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya *overfishing* (tangkap lebih). Menurut Saputra *et al.*, 2008 bahwa secara biologi *overfishing* dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *growth overfishing* dan *recruitment overfishing*. *Growth overfishing* terjadi apabila hasil tangkapan didominasi oleh ikan – ikan berukuran kecil, sedangkan *recruitment overfishing* terjadi apabila hasil tangkapan didominasi oleh ikan – ikan siap mijah / matang gonad. Berdasarkan hasil analisis terhadap nilai laju eksploitasi dan nilai L_m ikan cakalang di perairan Selatan Bali telah mengarah pada kondisi *recruitment overfishing*. Kondisi ini dapat menyebabkan rusaknya produktivitas stok ikan. Hal yang dapat dilakukan dalam mencegah terjadinya *recruitment overfishing* adalah melakukan proteksi terhadap penangkapan pada saat musim pemijahan (Salmarika *et al.*, 2018).

L95% merupakan ukuran pada saat 95% ikan berada pada kondisi matang gonad. Analisis L95% mengikuti persamaan King (2010). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai L95% pada ikan cakalang betina adalah 45.1 cm FL dan ikan cakalang jantan adalah 45.3 cm FL. Hasil analisis L95% akan digunakan sebagai salah satu variabel dalam menduga status stok sumberdaya melalui metode LBSPR.

Analisis Stok Sumberdaya dengan SPR

Penilaian stok sumberdaya ikan merupakan suatu hal yang penting dalam mengelola sumberdaya yang ada. Analisis penilaian status stok dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *Length Based Spawning Potential Ratio* (LBSPR) atau rasio potensi pemijahan berdasarkan panjang. Metode ini merupakan metode yang relevan digunakan pada perikanan cakalang yang didaratkan di UPTD TPI Kedonganan, karena ketersediaan data yang terbatas dan masuk dalam kategori perikanan skala kecil. Analisis ini memerlukan empat variabel yang harus diinput antara lain: rasio M/K: 1.88/tahun; L_∞ : 59.7 cm FL; L50: 41.28 cm FL dan L95: 45.1 cm FL. Variabel input ini merupakan variabel dari parameter populasi yang telah dianalisis sebelumnya menggunakan beberapa persamaan. Analisis ini dilakukan terhadap 1,202 ekor ikan cakalang (Gambar 7.).

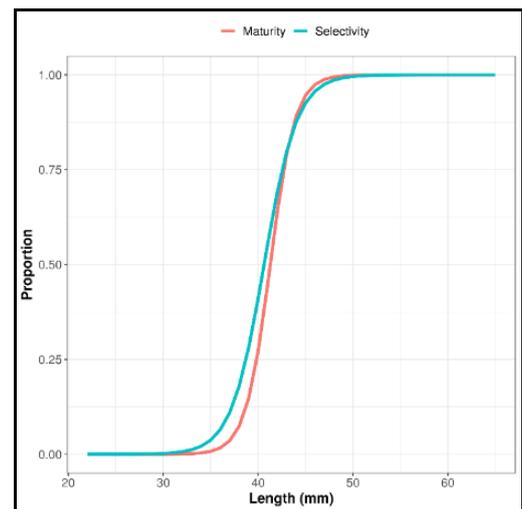
Analisis ini menggunakan titik SPR limit sebesar 0.2 (20%) dan SPR target / pemanfaatan lestari sebesar 0.4 (40%) (Hordyk *et al.*, 2015). Hasil analisis LBSPR (Tabel 2.) menunjukkan bahwa nilai rasio potensi pemijahan ikan cakalang sebesar 0.19, nilai SL50 (*Selectivity Length* saat 50% matang gonad) sebesar 40.63 cm FL atau pada kisaran 39.62 – 41.64 cm FL, nilai SL95 (*Selectivity Length* saat 95% matang gonad) sebesar 45.73 cm FL atau pada kisaran 44.2 – 47.26 cm FL dan nilai rasio F/M sebesar 3.09 atau pada kisaran (2.2 – 3.98).



Gambar 7. Frekuensi Panjang Ikan Caakalang yang di Analisis SPR

Tabel 2. Hasil Analisis SPR

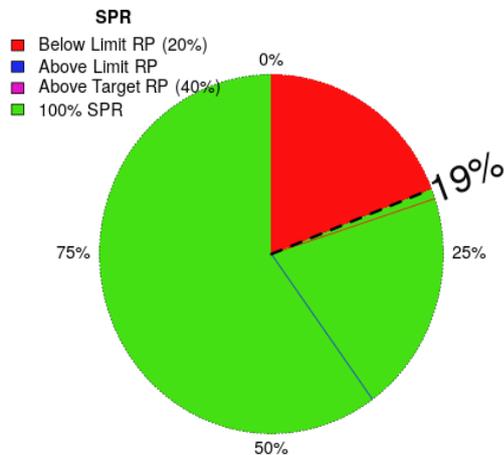
| Years | SPR | SL50 | SL95 | F/M |
|-------|---------|--------------|-------------|-----------|
| | 0.19 | | | |
| | (0.15 - | 40.63 (39.62 | 45.73 (44.2 | 3.09 (2.2 |
| 1 | 0.24) | - 41.64) | - 47.26) | - 3.98) |



Gambar 8. Tingkat Proporsi Rata - Rata Ikan Tertangkap Dengan Ikan Matang Gonad

Nilai SPR pada ikan cakalang di perairan Selatan Bali sebesar 0.19 / 19% (SPR < 20%) (Gambar 9) yang menunjukkan bahwa kegiatan penangkapan cakalang telah mengalami *over exploited* (tangkap lebih). Semakin kecil nilai SPR mengindikasikan bahwa laju rekrutmen sumberdaya ikan berada dalam kondisi tidak baik dan terganggu. Analisis SL50 merupakan hasil perhitungan terhadap proporsi ukuran panjang rata – rata ikan cakalang yang matang gonad 50% (L_m) dengan rata – rata ukuran panjang ikan cakalang tertangkap atau

disebut dengan panjang rata – rata ikan tertangkap. Hasil analisis SL50 sebesar 40.63 cm FL sedangkan nilai Lm sebesar 41.28 cm FL yang menunjukkan bahwa nilai SL50 masih sedikit berada dibawah Lm (Gambar 8.), sehingga diduga bahwa alat tangkap yang digunakan masih kurang selektif. Nilai F/M merupakan rasio perbandingan antara kematian akibat penangkapan dibanding kematian alami pada ikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai F/M sebesar 3.09. Semakin tinggi nilai rasio F/M mengindikasikan semakin tinggi pula tekanan penangkapan yang dialami ikan.



Gambar 9. Diagram SPR Ikan Cakalang

Spawning Potential Ratio (SPR) merupakan pendekatan metode yang cukup baru untuk mengukur stok sumberdaya. SPR merupakan indeks laju relatif reproduksi pada stok sumberdaya yang sudah tereksploitasi. Pendekatan metode ini cukup mudah dilakukan dibandingkan dengan pengukuran melalui jaringan keras ikan seperti: sisik, otolith, sirip dan tulang belakang, karena metode ini hanya mengumpulkan data panjang ikan (Hordyk *et al.*, 2015). Hasil analisis yang dilakukan pada 1,202 ekor ikan cakalang di Perairan Selatan Bali menunjukkan bahwa nilai SPR nya sebesar 20%. Nilai SPR <20% menunjukkan bahwa status perikanan cakalang berada dalam kondisi over exploited. Menurut Prince *et al.*, 2015 bahwa status perikanan dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan berdasarkan nilai SPR yaitu *under exploited* (SPR >40%), *moderate* (20% < SPR < 40%) dan *over exploited* (SPR < 20%).

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa nilai L50 < Lm (40.63 < 41.28), hal ini merupakan indikasi bahwa jenis alat tangkap yang digunakan masih kurang selektif. Menurut Wujdi dan Wudianto, 2015 bahwa semakin kecil ukuran ikan yang tertangkap dibawah ukuran matang gonad dapat dapat mengindikasikan bahwa telah terjadi *overfishing*. Peningkatan nilai L50 hal yang dapat dilakukan melalui peningkatan ukuran mata pancing.

Sedangkan hasil analisis terhadap rasio F/M juga mengindikasikan telah terjadi *overfishing*. Kegiatan perikanan dapat dikategorikan berkelanjutan apabila nilai $F \approx M$ (Gulland, 1971). Strategi dalam menurunkan nilai F untuk ikan cakalang di perairan Selatan Bali yang dapat dilakukan antara lain pengendalian ijin usaha penangkapan, pengurangan jumlah kapal yang beroperasi, pelarangan penambahan dimensi alat tangkap dan pengurangan pemanfaatan alat bantu penangkapan. Menurut Wujdi dan Wudianto (2015), bahwa penerapan pengurangan upaya penangkapan dan tingkat

kemampuan daya tangkap sangat diperlukan untuk mengelola perikanan yang telah masuk dalam kategori *overfishing*.

Penilaian status stok ikan cakalang menggunakan metode LBSPR belum pernah dilakukan sebelumnya baik di perairan Selatan Bali maupun di perairan Indonesia lainnya. Walaupun demikian, hasil analisis SPR ini sangat relevan jika dihubungkan dengan kondisi parameter populasi lainnya seperti trend hasil tangkapan yang terus mengalami penurunan dari tahun 2019, nilai laju eksploitasi yang tinggi bahkan jauh diatas 0.5, indikasi penurunan nilai Lm dibandingkan tahun – tahun sebelumnya, penurunan nilai L_{∞} , serta analisis nilai F (kematian akibat penangkapan) yang cukup tinggi. Penilaian status stok ikan cakalang juga pernah dilakukan oleh Rochman *et al.*, 2015 di perairan Selatan Jawa dengan menganalisis laju eksploitasinya, hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi *overfishing* pada perikanan cakalang di wilayah Selatan Jawa.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa, struktur panjang cakalang yang tertangkap berkisar antara 24 sampai 57 cm FL dengan rata – rata ikan yang tertangkap telah mengalami matang gonad atau dewasa. Pola pertumbuhan ikan cakalang bersifat allometrik positif yaitu penambahan bobot lebih cepat daripada penambahan panjangnya. Analisis mortalitas dan eksplotasi menunjukkan bahwa ikan cakalang berada dalam kondisi *recruitment overfishing*. Hasil analisis pendugaan kondisi stok menyatakan bahwa saat ini stok ikan cakalang berada dalam kondisi *overexploited* yang ditunjukkan dari nilai SPR sebesar 19% (SPR < 20%).

Sehingga dari penelitian ini dapat diberikan saran bahwa diperlukan pengelolaan yang lebih intensif dan pengambilan kebijakan yang relevan seperti: a). Memperketat izin usaha penangkapan ikan b). Melakukan sosialisasi peningkatan nomor mata pancing c). Pelarangan peningkatan dimensi alat tangkap dan GT kapal d). Pengaturan jumlah rumpun dan penetapan DPI yang sesuai e). Pengelolaan lingkungan, SDI dan SDM yang seimbang f). Diperlukan penelitian lanjutan terkait nilai MSY (*Maksimum Sustainable Yield*) dan MEY (*Maksimum Economic Yield*) untuk menetapkan kuota tangkap (*Total Allowable Catch*) ikan cakalang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Badung dan UPTD TPI Kedonganan yang berkenan memberikan izin untuk melakukan pengambilan data dan permohonan permintaan data produksi ikan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Arief Wujdi, S.Pi., M.F.Sc, Gussasta Levi Arnenda, S.T.Pi., M. Si, Indrastiwi Pramulati, S. Si, Nailly Maufiroh, S. Pi., Muhammad Rajief Auliya, S.Tr.Pi., Agung Satria, A.Md.Pi dan Satrya Jubairrachman, S.Pi. yang telah membantu dalam melakukan pengambilan data dan pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

Amir, F. dan Mallowa, A. 2015. Pengkajian Stok Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Selat Makasar. *Jurnal IPTEKS PSP*. 2 (3): 208 – 217. [10.20956/jipsp.v2i3.74](https://doi.org/10.20956/jipsp.v2i3.74)

- Andini, A.A., Bambang, A.N. dan Boesono, H. 2016. Analisis Inventarisasi Alat Tangkap Berdasarkan Kategori Status Penangkapan Ikan yang Bertanggungjawab di PPS Nizam Zachman DKI Jakarta. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. 5 (4): 177 – 184.
- Cahya, C.N., Setyohadi, D. dan Surinati, D. 2016. Pengaruh Parameter Oseanografi terhadap Distribusi Ikan. *Jurnal Oseana*. 41 (4): 1 – 14.
- Chaliluddin, M.A., Ikram, M. dan Rianjuanda, D. 2019. Identifikasi Alat Penangkapan Ikan Ramah Lingkungan Berbasis CCRF di Kabupaten Pidie, Aceh. *Jurnal Galang Tropika*. 8 (3): 197 – 208. <http://dx.doi.org/10.31850/jgt.v8i3.504>
- Danu, S. Husen, S. dan Putra, A.K. 2021. Hubungan Panjang Bobot pada Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dalam Rangka Pengelolaan Perikanan di Perairan Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 27 (2): 57 – 67. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.27.2.2021.57-67>
- Firdaus, M. 2018. Profil Perikanan Tuna dan Cakalang di Indonesia. *Buletin Ilmiah MARINA Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. 4 (1): 23 – 32. <https://doi.org/10.15578/marina.v4i1.7328>
- Gulland, J.A. 1971. The Fish Resources of the Ocean. *Fao Fish. Tech. Pap.* (97): 425.
- Hartaty, H. dan Arnenda, G.L. 2019. Penentuan Ukuran Pertama Kali Matang Gonad (Lm) Cakalang (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) di Samudra Hindia Selatan Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 25 (2): 135 – 145. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.25.2.2019.135-145>
- Hidayat, T., Nugroho, T. Dan Wagiyu, K. 2017. Struktur Ukuran dan Beberapa Parameter Populasi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) di Samudera Pasifik Utara Papua. *Bawal*. 9 (2): 113 – 121. <https://doi.org/10.15578/bawal.9.2.2017.113-121>
- Homik, K. Fitzgerald, C.J., Kelly, F. and Shephard, S. 2020. Dome-Shaped Selectivity in LB-SPR: Length-Based Assessment of Data Limited Inland Fish Stocks Sampled with Gillnets. *Journal of Fisheries Research*. 229. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105574>
- Hordyk, A., Ono, K., Sainsbury, K., Loneragan, N. and Prince, J. 2015. Some Explorations of the Life History Ratios to Describe Length Composition, Spawning-per-Recruit, and the Spawning Potential Ratio. *ICES Journal of Marine Science*. 72 (1): 204 – 216. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst235>
- Jamal, M., Sondita, M.F.A., Haluan, J. dan Wiryawan, B. 2011. Pemanfaatan Data Biologi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dalam Rangka Pengelolaan Perikanan Bertanggungjawab di Perairan Teluk Bone. *Jurnal Natur Indonesia*. 14 (1): 107 – 113. <https://doi.org/10.31258/jnat.14.1.107-113>
- Jatmiko, I., Hartaty, H. dan Bahtiar, A. 2015. Biologi Reproduksi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Samudera Hindia Bagian Timur. *Bawal*. 7 (2): 87 – 94. <https://doi.org/10.15578/bawal.7.2.2015.87-94>
- Kartini, N., Boer, M. dan Affandi, R. 2017. Pola Rekrutmen, Mortalitas dan Laju Eksploitasi Ikan Lemuru (*Amblygaster sirm*, Walbaum 1792) di Perairan Selat Sunda. *Biospecies*. 10 (1): 11 – 16. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v10i1.3483>
- Kekenusa, J.S., Watung, V.N.R. dan Hatidja, D. 2012. Analisis Penentuan Musim Penangkapan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Manado Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*. 12 (2): 112 – 119. <https://doi.org/10.35799/jis.12.2.2012.704>
- Kern, A.I, Sammons, S.M., dan Ingram, T.R. 2020. Fecundity and Spawning Potential Ratio of Shoal Bass *Micropterus catarractae* in the Lower Flint River Georgia, USA. *Journal of Fisheries Research*. 231. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105687>
- King, M. 1995. *Fishery Biologi, Assessment and Management*. (p.341). London USA: Fishing News Books.
- King, M. 2010. *Fishery Biology, Assessment and Management, Second Edition*. Black-well Publishing Ltd., Oxford, England. 381 p.
- Larasati, D.A. 2011. Kajian Reproduksi Biologi Ikan Kembung Perempuan (*Rastrelliger brachysoma*, Bleeker, 1851). Institut Pertanian Bogor.
- Mallawa, A., Amir, F. dan Zainuddin, M. 2014. Keragaan Biologi Populasi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap dengan Purse Seine pada Musim Timur di Perairan Laut Flores. *Jurnal IPTEKS PSP*. 1 (2): 129 – 145. <https://doi.org/10.20956/jipsp.v1i2.68>
- Munyandorero, J. and Addis, D. 2020. Morphometric Relationships and Non-Parametric, Length-Frequency-Based Growth-Parameters and Natural Mortality for Common Marine Forage Fish in Florida Waters (USA). *Journal of Regional Studies in Marine Science*. 39. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101468>
- Nasution, S.H. 2009. Kajian Dinamika Populasi sebagai Dasar Pengelolaan Ikan Bonti – Bonti (*Paratherina striata*) Endemik di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Forum Perairan Umum Indonesia VI*, Palembang 18 November 2009. Balai Riset Perikanan Perairan Umum. MSP: 35 – 44.
- Nurdin, E. dan Panggabean, A.S. 2017. Musim Penangkapan dan Struktur Ukuran Cakalang (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) di Sekitar Rumpon di Perairan Pelabuhanratu. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 23 (4): 299 – 308. <https://doi.org/10.15578/jppi.23.4.2017.299-308>
- Palomares, M.L.D., Froese, R., Derrick, B., Meeuwig, J.J., Noel, S.L., Tsui, G., Woroniak, J., Zeller, D. and Pauly, D. 2020. Fishery Biomass Trends of Exploited Fish Populations in Marine Ecoregions, Climatic Zones and Ocean Basins. *Fisheries Research*. 243. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106896>
- Pauly, D. 1984. *Fish Population Dynamics in Tropical Waters: a Manual for Use with Programmable Calculators*. ICLARM Stud. Rev. (8): 325 p
- Prince, J., Creech, S., Madduppa, H. and Hordyk, A. 2020. Length Based Assessment of Spawning Potential Ratio in Data-Poor Fisheries for Blue Swimming Crab (Portunus spp.) in Sri Lanka and Indonesia: Implication for Sustainable Management. *Journal of Regional Studies in Marine Science*. 36. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101309>

- Restianingsih, Y.H. dan Amri, K. 2018. Aspek Biologi dan Kebiasaan Makan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Laut Flores dan Sekitarnya. *Bawal*. 10 (3): 187 – 196. <https://doi.org/10.15578/bawal.10.3.2018.187-196>
- Rochman, F., Nugraha, B. dan Wujdi, A. 2015. Pendugaan Parameter Populasi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) di Samudera Hindia Selatan Jawa. *Bawal*. 7 (2): 77 – 85. <https://doi.org/10.15578/bawal.7.2.2015.77-85>
- Salmarika, Taurusman, A.A. dan Wisudo, S.H. 2018. Status Pengelolaan Sumber Daya Ikan Tongkol di Perairan Samudera Hindia berbasis Pendaratan Pukat Cincin di Pelabuhan Perikanan Samudera Lampulo, Aceh: Suatu Pendekatan Ekosistem. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 24 (4): 263 – 272.
- Shabrina, N., Supriadi, D., Gumilar, I. dan Khan, A.M.A. 2021. Selektivitas Alat Tangkap Terhadap Hasil Tangkapan Rajungan (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) di Perairan Gebang Mekar, Cirebon. *Bawal*. 13 (1): 23 – 32. <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.13.1.2021.%25p>
- Soares, J.B., Neto, C.M., Costa, M.R.D., Martinus., R.R.M., Viera, F.C.D.S., Tubiono, M.F.D.A., Bastos, A.L. and Tubino, R.D.A. 2019. Size Structure, Reproduction, and Growth of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Caught by Pole-and-Line Fleet in the Southwest Atlantik. *Fisheries Research*. 212 : 136 – 145. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.12.011>
- Sparre, P., and Venema, S.C. 1998. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment Part 1: Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*. p. 433.
- Tilohe, O., Nursinar, A. dan Salam, A. 2014. Analisis Parameter Dinamika Populasi Ikan Cakalang yang didaratkan di Pangkalan Pendaratan Ikan Kelurahan Tenda Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 2 (4): 140-146. <https://doi.org/10.37905/v2i4.1269>
- Toatubun, N., Wenno, J. dan Labaro, I.J. 2015. Struktur Populasi Ikan Cakalang Hasil Tangkapan Pukat Cincin yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Kota Manado. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*. 2 (2): 73 – 77. <https://doi.org/10.35800/jitpt.2.2.2015.9234>
- Triharyuni, S., Sulaiman, P.S. dan Rianto, J. 2012. Hubungan Panjang Berat, Tingkat Eksploitasi dan Fluktuasi Hasil Tangkapan Albakora (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre) di Samudera Hindia. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 18 (1): 35 – 41. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.18.1.2012.35-41>
- Udupa, K.S. 1986. Statistical Method of Estimating the Siza at First Maturity in Fishes. *Fishbyte*. 4(2): 8 – 10. <RePEc:wfi:wfbyte:39513>
- UPTD TPI Kedonganan. Data Produksi Ikan Cakalang tahun 2017 – 2020. Badung, Bali.
- Williams, A.J., Leroy, B.M., Nicol, S.J., Farley, J.H., Clear, N.P., Golub, K.K and Davies, C.R. 2013. Comparison of Daily and Annual Increment Counts in Otolith of Bigeye (*Thunnus obesus*), Yellowfin (*T. albacares*), Southern Bluefin (*T. maccoyii*) and Albacore (*T. alalunga*) tuna. *ICES Journal of Marine Science*. 70 (7): 1439 – 1450. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst093>
- Wujdi, A. dan Wudianto. 2015. Status Stok Sumberdaya Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru* Bleeker, 1853) di Perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 21(4): 253 – 260. <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.21.4.2015.253-260>
- Wujdi, A., Hartaty, H. dan Setyadji, B. 2020. Estimasi Parameter Populasi dan Rasio Potensi Pemijahan Tongkol Komo (*Euthynnus affinis*, Cantor 1849) di Perairan Selatan Lombok. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 26 (2): 93 – 107. <https://doi.org/10.15578/jppi.26.2.2020.93-107>
- Zedta, R.R., Tampubolon, P.A.R.P. dan Novianto, D. 2017. Estimasi Parameter Populasi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) di Perairan Samudra Hindia. *Bawal*. 9 (3): 163 – 173. <https://doi.org/10.15578/bawal.9.3.2017.163-173>