

Life History and Exploitation Status of Savalai Hairtail (*Lepturacanthus savala*) from Lampung Bay Waters

David Julian¹, Muhammad Reza¹, Muhamad Gilang Arindra Putra²

¹Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia;

²Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia;

Article History

Received :

Revised :

Accepted :

Published :

*Corresponding Author: **David Julian**, Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia;
Email: david.julian@fp.unila.ac.id

Abstract: The savalai hairtail (*Lepturacanthus savala*) is a commercially valuable demersal species in the coastal ecosystems of Teluk Lampung, where increasing fishing pressure has raised concerns regarding stock sustainability. This study assessed the life history characteristics and exploitation level of the species to support sustainable fisheries management. An overall number of 347 individuals were obtained from fishing port between May and August 2023. Length-frequency data were analyzed utilizing the TropFishR package with the electronic length frequency analysis (ELEFAN) approach. The results showed that the population exhibits relative growth, consistent with tropical fish characteristics. However, fishing mortality significantly exceeded natural mortality, signifying intense fishing efforts on the stock. The utilization rate has exceeded the optimum level, indicating overexploitation, while biological indicators revealed that many individuals were captured prior to attaining adequate reproductive size, posing a threat of recruitment overfishing. These findings demonstrate that the savalai hairtail stock in Teluk Lampung is not sustainable under current exploitation levels. Immediate management actions, including controlling fishing effort, improving gear selectivity, and protecting immature fish, are urgently required to guarantee the long-term viability and stop additional stock depletion of fisheries resources in Teluk Lampung.

Keywords: Growth rate; Mortality; Overfishing; TropFishR.

Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir, berbagai studi menunjukkan bahwa sebagian besar perikanan tropis berada dalam kondisi *data-poor* dan mengalami tekanan eksploitasi yang tinggi (Medeiros-Leal *et al.*, 2023; Raza *et al.*, 2023). Kasus tersebut juga dilaporkan di beberapa perikanan seperti di perikanan hilsa di Teluk Benggala Bangladesh (*swimming crab* di Sri Lanka (Digamadulla & de Croos, 2023), *shorthead drum* di Brasil (Santos *et al.*, 2024), ikan gelik di Pakistan (Majeed *et al.*, 2025) dan beberapa stok ikan di wilayah Samudra Hindia bagian barat (Raza *et al.*, 2022). Kondisi ini mendorong perlunya metode *stock assessment* yang sederhana, praktis, dan tetap andal untuk mendukung pengelolaan perikanan

berkelanjutan. Pendekatan berbasis panjang (*length-based approaches*) semakin banyak digunakan pada perikanan tropis dan skala kecil karena efektif diterapkan pada kondisi keterbatasan data biologis dan umur ikan (de Barros *et al.*, 2024; Gervasi *et al.*, 2023).

Peningkatan tekanan penangkapan menjadi salah satu penyebab utama penurunan stok ikan dan ancaman terhadap keberlanjutan perikanan (Ipambonj *et al.*, 2025). Kondisi tersebut juga terjadi pada perikanan layur (*Lepturacanthus savala*), komoditas demersal bernilai ekonomi penting bagi masyarakat pesisir karena berkontribusi terhadap pendapatan nelayan dan ketahanan pangan (Dewi *et al.*, 2025). Tingginya intensitas penangkapan tanpa dukungan pengelolaan berbasis data ilmiah meningkatkan risiko eksploitasi berlebih (Ye &

Link, 2023). Beberapa penelitian di Indonesia dan Asia Selatan menunjukkan bahwa populasi layur telah mengalami tekanan penangkapan yang tinggi, ditandai oleh tingginya mortalitas penangkapan dan nilai eksploitasi yang melebihi batas optimum ($E > 0,5$) (Al-Mamun *et al.*, 2021; Raza *et al.*, 2022). Kondisi ini mengindikasikan adanya risiko *overfishing* yang dapat menurunkan biomassa stok dan keberlanjutan hasil tangkapan.

Overfishing tidak hanya menyebabkan penurunan stok ikan, tetapi juga mengancam keberlanjutan sosial-ekonomi masyarakat pesisir yang bergantung pada sektor perikanan (Golden *et al.*, 2021). Penurunan hasil tangkapan dapat mengurangi pendapatan nelayan dan meningkatkan kerentanan ekonomi rumah tangga pesisir (Béné *et al.*, 2016). Selain itu, eksploitasi berlebih dapat menurunkan efisiensi usaha penangkapan karena nelayan harus mengeluarkan biaya operasional yang lebih besar untuk memperoleh hasil tangkapan yang sama. Kondisi ini banyak terjadi pada perikanan skala kecil di wilayah tropis yang umumnya memiliki keterbatasan modal, teknologi, dan sistem pengelolaan berbasis sains (Kelling *et al.*, 2026). Oleh karena itu, pengelolaan perikanan berkelanjutan menjadi penting untuk menjaga kelestarian stok ikan sekaligus mempertahankan kesejahteraan masyarakat pesisir dalam jangka panjang.

Karakteristik *life history* ikan, seperti pola pertumbuhan, ukuran pertama kali matang gonad, umur, mortalitas alami, dan strategi reproduksi, memiliki peran penting dalam menentukan ketahanan suatu stok terhadap tekanan penangkapan (Heino *et al.*, 2015). Parameter-parameter tersebut sering digunakan untuk mengevaluasi kemampuan populasi dalam mempertahankan diri dan pulih setelah mengalami eksploitasi (Lowerre - Barbieri *et al.*, 2017). Spesies dengan pertumbuhan lambat, umur panjang, matang gonad lebih lambat, dan produktivitas reproduksi rendah umumnya lebih rentan terhadap penurunan populasi akibat penangkapan berlebih karena kapasitas pemulihan stoknya relatif rendah. Sebaliknya, spesies yang tumbuh cepat dan memiliki laju reproduksi tinggi cenderung lebih resilien terhadap tekanan eksploitasi, meskipun tetap berisiko mengalami penurunan stok apabila

tingkat penangkapan melampaui kemampuan regenerasi populasi (Froese *et al.*, 2017).

Ikan layur memiliki karakteristik *life history* yang rentan terhadap tekanan penangkapan, seperti pertumbuhan cepat, umur relatif pendek, dan kecenderungan tertangkap sebelum mencapai ukuran matang gonad (Froese & Pauly, 2024). Hal tersebut dapat berisiko menurunkan rekrutmen populasi seiring meningkatnya tekanan penangkapan dan perubahan lingkungan perairan (Hordyk *et al.*, 2015). Oleh karena itu, pengelolaan adaptif diperlukan agar strategi pengelolaan dapat disesuaikan dengan dinamika stok yang terus berubah. Pendekatan ini dapat dilakukan melalui pengendalian upaya tangkap, peningkatan selektivitas alat tangkap, perlindungan ikan juvenil, dan pemantauan stok secara berkala untuk menjaga keberlanjutan sumber daya layur (Nazrul *et al.*, 2018). Parameter biologis seperti panjang asimtotik (L_{∞}), koefisien pertumbuhan (K), mortalitas alami (M), mortalitas penangkapan (F), dan tingkat eksploitasi (E) menjadi indikator penting dalam evaluasi status stok. Penelitian sebelumnya di Selat Sunda, India, dan Pakistan menunjukkan adanya dinamika populasi antarwilayah akibat perbedaan kondisi lingkungan dan intensitas penangkapan (Agustina *et al.*, 2015; Memon *et al.*, 2016; Al-Mamun *et al.*, 2021).

Informasi mengenai dinamika populasi dan status eksploitasi *L. savala* di Teluk Lampung masih terbatas. Hingga saat ini, kajian stok berbasis analisis frekuensi panjang menggunakan TropFishR dan pendekatan ELEFAN pada spesies ini di Teluk Lampung belum pernah dilaporkan. Penelitian sebelumnya di wilayah ini hanya melaporkan pola pertumbuhan allometrik positif dan rasio jenis kelamin yang condong ke betina (Julian *et al.*, 2024), sedangkan kajian mengenai parameter pertumbuhan, mortalitas, dan eksploitasi belum tersedia secara komprehensif. Keterbatasan data tersebut menyulitkan evaluasi status stok dan penyusunan kebijakan pengelolaan berbasis sains. Tekanan penangkapan yang terus meningkat tanpa pengelolaan adaptif berpotensi mempercepat penurunan biomassa stok. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan stock assessment

berbasis data frekuensi panjang menggunakan paket TropFishR untuk mengevaluasi parameter *life history* dan status eksploitasi *L. savala* di Teluk Lampung.

Penelitian ini bertujuan menganalisis parameter pertumbuhan dan mengevaluasi status eksploitasi ikan layur di perairan Teluk Lampung secara kuantitatif. Analisis dilakukan menggunakan paket TropFishR pada perangkat lunak R dengan pendekatan *length frequency* data yang efektif digunakan pada perikanan tropis dengan keterbatasan data umur (Taylor & Mildenerger, 2017). Estimasi parameter pertumbuhan von Bertalanffy, mortalitas, dan tingkat eksploitasi diharapkan dapat menyediakan dasar ilmiah bagi pengelolaan perikanan layur yang berkelanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan kebijakan pengelolaan perikanan yang adaptif dan berkelanjutan, seperti pengendalian upaya tangkap, pengaturan ukuran tangkap minimum, peningkatan selektivitas alat tangkap, serta penguatan sistem pemantauan stok. Upaya tersebut penting untuk menjaga keberlanjutan sumber daya layur sekaligus mempertahankan stabilitas sosial-ekonomi masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan di Teluk Lampung dalam jangka panjang.

Bahan dan Metode

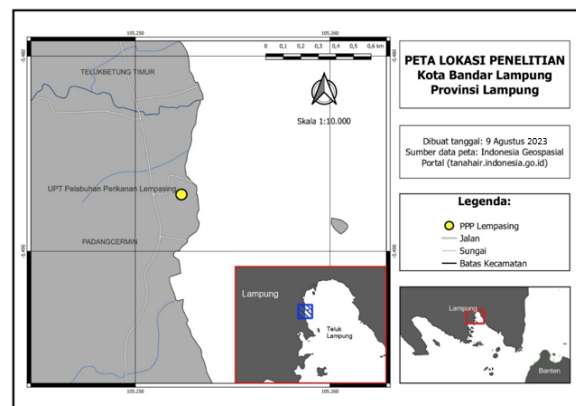
Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis frekuensi panjang untuk mengevaluasi karakteristik biologis dan status eksploitasi *Lepturacanthus savala* di Teluk Lampung. Pendekatan ini dipilih karena efektif digunakan pada perikanan tropis dengan keterbatasan data umur dan reproduksi (Mildenerger *et al.*, 2017). Analisis dilakukan melalui estimasi parameter pertumbuhan, mortalitas, dan tingkat eksploitasi menggunakan data distribusi panjang ikan yang diperoleh dari lokasi pendaratan hasil tangkapan nelayan.

Waktu dan tempat

Data panjang untuk menilai parameter riwayat hidup (*life history*) layur dan status eksploitasinya dikumpulkan dari lokasi pendaratan ikan di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Lempasing, Bandar Lampung (Gambar 1).

Jenis layur *Lepturacanthus savala* diidentifikasi berdasarkan Buku Katalog Spesies FAO Volume 15 (Nakamura & Parin, 1993) dan validasi dari kunci identifikasi yang dilakukan oleh (He *et al.*, 2022). Proses validasi dilakukan dengan mencocokkan karakter diagnostik utama, seperti bentuk tubuh, struktur rahang, dan morfometri umum spesies. Untuk menjaga kualitas data, setiap pengukuran panjang diperiksa kembali sebelum proses analisis. Data yang tidak konsisten, tidak lengkap, atau berada di luar kisaran ukuran biologis normal diperiksa ulang dan tidak digunakan dalam analisis lanjutan. Selain itu, pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur yang sama untuk meminimalkan kesalahan pengukuran antar sampel. Berdasarkan wawancara, layur yang didaratkan tersebut merupakan hasil tangkapan dari alat tangkap *mini purse seine* dan payang yang beroperasi di sekitar Teluk Lampung. Pengambilan data berlangsung mulai dari bulan Mei sampai dengan Agustus 2023. Terdapat 347 individu yang diukur selama periode penelitian. Adapun panjang total setiap individu diukur menggunakan meteran dengan ketelitian 1 mm.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Pengumpulan data

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* terhadap hasil tangkapan layur yang didaratkan selama periode penelitian. Teknik ini dipilih karena lokasi pendaratan tersebut merupakan salah satu pusat pendaratan utama hasil tangkapan nelayan yang beroperasi di perairan Teluk Lampung, sehingga dianggap dapat merepresentasikan struktur ukuran ikan yang tertangkap di wilayah tersebut. Pengukuran dilakukan secara langsung terhadap individu yang

tersedia pada saat pendaratan dengan mempertimbangkan variasi ukuran hasil tangkapan setiap periode pengamatan. Pendekatan berbasis data panjang seperti ini umum digunakan dalam penelitian *stock assessment* pada perikanan tropis dan perikanan skala kecil yang memiliki keterbatasan data biologis dan umur ikan (Cousido-Rocha *et al.*, 2022).

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak R dengan bantuan paket TropFishR versi 1.6.6. Paket ini merupakan salah satu perangkat analisis yang mengintegrasikan berbagai metodologi penilaian stok terkini yang dirancang khusus untuk evaluasi perikanan berbasis data panjang. Data panjang yang diperoleh dari hasil pengamatan lapangan terlebih dahulu disusun dalam bentuk sebaran kelas panjang 10 mm, kemudian dianalisis menggunakan fungsi-fungsi yang tersedia dalam paket TropFishR.

Pendekatan TropFishR dipilih karena dirancang khusus untuk analisis *stock assessment* berbasis data panjang dan sesuai diterapkan pada perikanan tropis yang umumnya berada pada kondisi data-poor. Dibandingkan metode berbasis umur, pendekatan ini tidak memerlukan data umur individu, struktur populasi jangka panjang, maupun data penangkapan yang lengkap, yang sering kali sulit diperoleh pada perikanan skala kecil di wilayah tropis (Taylor & Mildenerger, 2017). Selain itu, TropFishR mengintegrasikan berbagai metode analisis pertumbuhan, mortalitas, dan eksploitasi dalam satu platform sehingga memungkinkan evaluasi stok dilakukan secara lebih efisien dan terstandarisasi. Paket ini juga banyak digunakan dalam penelitian perikanan tropis karena memiliki kemampuan optimasi parameter pertumbuhan melalui pendekatan ELEFAN serta mendukung reproduktibilitas analisis berbasis perangkat lunak R (Mildenerger *et al.*, 2017).

Tahapan analisis dalam penelitian ini disusun untuk menjawab tujuan penelitian mengenai karakteristik biologis dan status eksploitasi layur. Analisis pertumbuhan dilakukan untuk mengestimasi parameter *life history* yang meliputi panjang asimtotik, laju pertumbuhan, dan umur teoritis ikan. Selanjutnya, analisis mortalitas dan tingkat

eksploitasi digunakan untuk mengevaluasi tekanan penangkapan dan kondisi pemanfaatan stok di perairan Teluk Lampung.

Analisis pertumbuhan

Fungsi pertumbuhan von-Bertalanffy (*The von Bertalanffy Growth Function*; VBGF) digunakan untuk menentukan parameter *life history* dari ikan layur. Laju pertumbuhan (K) dan panjang asimtotik (L_{∞}) diestimasi dengan menggunakan metode *Electronic Length Frequency Analysis* (ELEFAN). Metode Powell-Wetherall (Wetherall *et al.*, 1987) digunakan untuk memperoleh estimasi awal L_{∞} . Estimasi awal L_{∞} tersebut kemudian digunakan sebagai nilai awal dalam prosedur ELEFAN untuk menyesuaikan fungsi pertumbuhan pada pendekatan optimasi selanjutnya. Paket TropFishR menyediakan dua pendekatan optimasi ELEFAN, yaitu *simulated annealing* (ELEFAN S.A.) dan *genetic algorithm* (ELEFAN G.A.). Metode dengan nilai kesesuaian terbaik (nilai R_n maksimum tertinggi) dipilih untuk analisis lebih lanjut (Taylor & Mildenerger, 2017). Indeks performa pertumbuhan Φ (*phi-prime*) dihitung berdasarkan parameter pertumbuhan menggunakan persamaan dari (Pauly & Munro, 1984). Sementara itu, umur teoritis (t_0) ditentukan menggunakan persamaan empiris berikut (Pauly, 1984):

$$\text{Log}(-t_0) = -0,392 - 0,275 \log L_{\infty} - 1,038 \log K$$

Setelah parameter pertumbuhan (L_{∞} , K, dan t_0) diperoleh, nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam fungsi pertumbuhan von Bertalanffy (*von Bertalanffy Growth Function*, VBGF) (von Bertalanffy, 1938):

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

L_t menyatakan panjang pada umur t (mm); L_{∞} menunjukkan panjang asimtotik (mm); K merupakan koefisien pertumbuhan (tahun^{-1}); t adalah waktu atau umur (tahun); dan t_0 menunjukkan umur hipotetik ikan saat panjangnya nol (tahun). Parameter K digunakan untuk mengestimasi umur panjang (masa hidup) atau umur maksimum (t_{\max}) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Pauly, 1984):

$$t_{\max} = 3/K$$

Analisis mortalitas dan tingkat eksploitasi

Mortalitas alami diestimasi menggunakan pendekatan berbasis panjang dengan persamaan sebagai berikut (Hoenig, 1983):

$$\ln(M) = 1,44 - 1,01 \times \ln(t_{\max})$$

Metode kurva penangkapan digunakan untuk mengestimasi laju mortalitas total (Z) melalui persamaan berikut (Pauly, 1990):

$$\log\left(\frac{N_i}{dt_i}\right) = a + b_t$$

Selanjutnya, mortalitas penangkapan (F) dihitung dengan mengurangkan mortalitas alami (M) dari mortalitas total (Z):

$$F = Z - M$$

Hubungan antara mortalitas penangkapan dan mortalitas alami digunakan untuk menghitung tingkat eksploitasi (E) stok sebagai berikut (Pauly, 1983):

$$E = F/Z$$

Nilai tingkat eksploitasi (E) digunakan untuk mengevaluasi status pemanfaatan stok ikan. Nilai E sebesar 0,5 menunjukkan kondisi eksploitasi optimum, sedangkan nilai $E > 0,5$ mengindikasikan terjadinya eksploitasi berlebih (*overexploitation*) akibat tekanan penangkapan yang melampaui kapasitas pemulihan stok. Sebaliknya, nilai $E < 0,5$ menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan stok masih berada di bawah tingkat optimum.

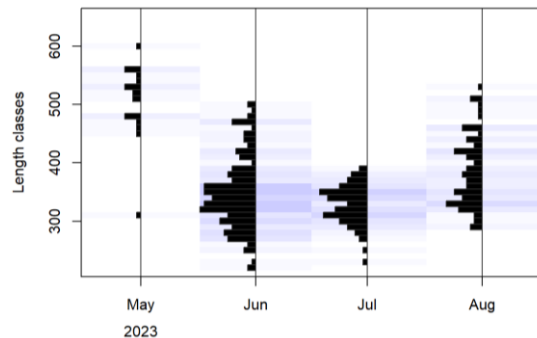
Hasil dan Pembahasan

Plot sebaran data panjang bulanan

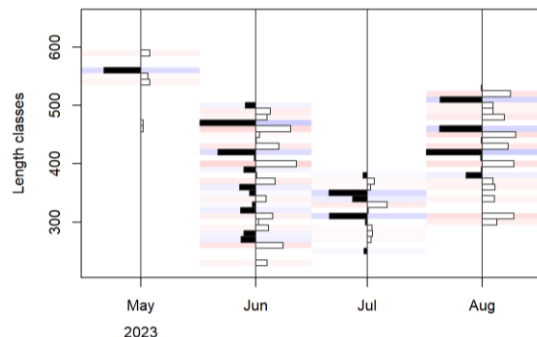
Data panjang total ikan layur periode pengambilan sampel dikelompokkan berdasarkan periode bulan pengambilan sampel. Rentang panjang yang diperoleh berkisar antara 210 mm hingga 600 mm dengan rata-rata panjang sebesar $358 \pm 3,7$ mm. Data tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam 40 kelas panjang dengan interval masing-masing 10 mm (Gambar 1).

Data yang telah direstrukturisasi ditunjukkan pada Gambar 3. Proses restrukturisasi dilakukan dengan menggunakan

moving average (MA) sebesar 7 sepanjang periode pengambilan sampel untuk mendukung perhitungan parameter biologi stok. Kelas panjang dengan skor positif (ditampilkan dalam warna hitam), yang diidentifikasi sebagai puncak dalam perhitungan indikator *goodness-of-fit* (Rn), serta kelas panjang dengan skor negatif (ditampilkan dalam warna putih), yang diidentifikasi sebagai lembah, direpresentasikan melalui orientasi histogram.



Gambar 2. Sebaran panjang tiap bulan dalam periode penelitian



Gambar 3. Hasil restrukturisasi sebaran panjang ikan layur

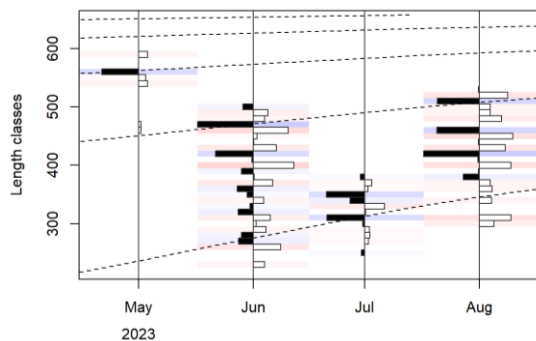
Parameter *life history* ikan layur

Parameter *life history* ikan layur yang dikumpulkan selama periode penelitian disajikan pada Tabel 1. Dua metode digunakan untuk mengestimasi parameter tersebut, yaitu ELEFAN S.A. dan ELEFAN G.A. Di antara kedua pendekatan tersebut, ELEFAN S.A. menunjukkan kinerja yang lebih optimal ditandai dengan nilai Rn maksimum yang lebih tinggi. Hasil dari metode ELEFAN S.A. tersebut digunakan untuk analisis selanjutnya.

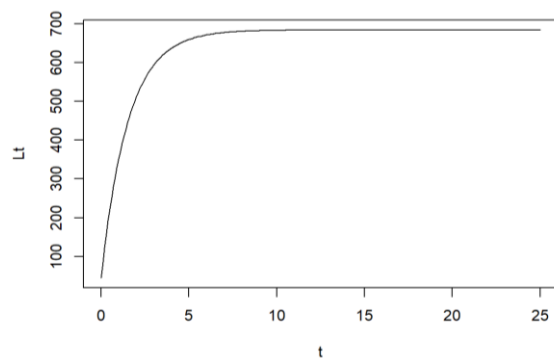
Tabel 1. Parameter *life history* ikan layur dari perairan Teluk Lampung

Model	L_{∞} (mm)	K (tahun ⁻¹)	t_{anchor}	Φ (tahun ⁻¹)	R ₀
ELEFAN S.A.	684,14	0,65	0,53	5,48	0,26
ELEFAN G.A.	787,32	0,72	0,53	5,65	0,18

Berdasarkan data yang diperoleh dari ELEFAN S.A., sebaran panjang ikan layur selanjutnya direpresentasikan dengan lintasan pertumbuhan rata-rata individu dalam populasi berdasarkan perubahan panjang terhadap waktu (Gambar 4). Sebanyak tiga kohort umur ikan layur teridentifikasi selama periode pengamatan. Kohort pertama (ukuran kecil) terdeteksi pada kisaran panjang sekitar 250–350 mm, kohort kedua (ukuran sedang) berada pada kisaran 380–480 mm, dan kohort ketiga (ukuran besar) pada kisaran 500–600 mm.



Gambar 4. Histogram frekuensi panjang berdasarkan ELEFAN S.A.



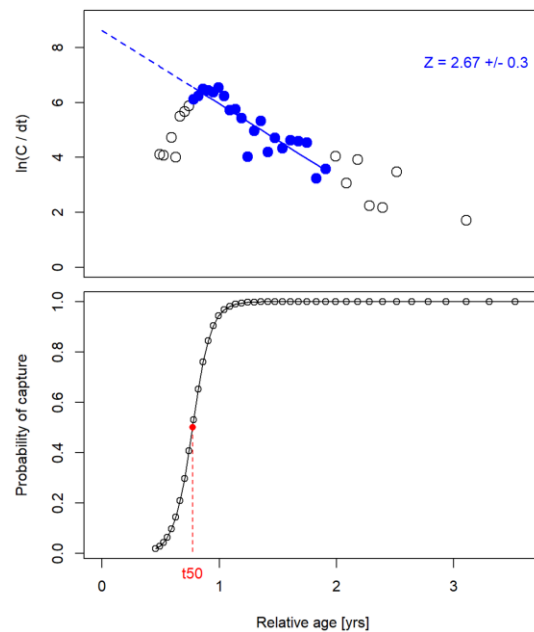
Gambar 5. Fungsi pertumbuhan von Bertalanffy pada ikan layur

Selanjutnya, nilai t_0 diperoleh berdasarkan perhitungan pada persamaan empiris Pauly (1984) yakni sebesar -0.1048. Dengan demikian, fungsi pertumbuhan von Bertalanffy yang

dihasilkan adalah $L_t = 684,14(1 - e^{-0,65(t - (-0,11))})$. Adapun kurva pertumbuhan dari fungsi pertumbuhan tersebut disajikan dalam grafik pada Gambar 5.

Mortalitas dan tingkat eksploitasi

Nilai mortalitas alami berdasarkan hasil estimasi menggunakan model Hoenig, (1983) adalah 0,87. Adapun nilai mortalitas total (Z) sebesar 2,67 per tahun diperoleh dari kurva tangkapan terkonversi panjang yang dilinierkan. Selain itu, kurva selektivitas penangkapan juga dihasilkan dari kurva mortalitas total tersebut secara bersamaan (Gambar 6). Dari hasil tersebut diperoleh nilai parameter lainnya seperti mortalitas penangkapan dan tingkat eksploitasi yang disajikan secara lengkap pada Tabel 2.



Gambar 6. Kurva hasil tangkapan (atas) dan kurva selektivitas penangkapan (bawah) berdasarkan model (Pauly, 1990)

Tabel 2. Parameter *life history* dan penangkapan ikan layur dari perairan Teluk Lampung

Parameter	Populasi total
Umur teoritis saat $t=0 / t_0$ (tahun)	-0,11
Umur saat 50% ikan tertangkap / t_{50} (tahun)	0,77
Umur saat 75% ikan tertangkap / t_{75} (tahun)	0,85
Umur saat 95% ikan tertangkap / t_{95} (tahun)	1,00

Parameter	Populasi total
Panjang ikan saat 50% tertangkap / L_{c50} (mm)	297,59
Panjang ikan saat 75% tertangkap / L_{c75} (mm)	318,99
Panjang ikan saat 95% tertangkap / L_{c95} (mm)	352,29
Mortalitas total / Z (tahun ⁻¹)	2,67
Mortalitas alami / M (tahun ⁻¹)	0,87
Mortalitas penangkapan / F (tahun ⁻¹)	1,80
Tingkat eksploitasi / E	0,67

Pembahasan

Estimasi pertumbuhan berbasis panjang

Estimasi pertumbuhan merupakan aspek krusial dalam memahami dinamika populasi dan menjadi dasar bagi berbagai metode penilaian stok dalam ilmu perikanan. Analisis progresif modus sebagai metode berbasis panjang, telah lama digunakan dalam estimasi pertumbuhan ikan (Schwamborn *et al.*, 2019a). Dalam penelitian ini, estimasi parameter pertumbuhan ikan layur di perairan Teluk Lampung dilakukan menggunakan data frekuensi panjang melalui pendekatan ELEFAN, yang umum digunakan untuk memodelkan kurva pertumbuhan dari distribusi frekuensi panjang. Pendekatan frekuensi panjang (LFQ) juga telah banyak diterapkan di wilayah tropis dan subtropis karena efisiensinya yakni cukup dengan sub-sampel yang representatif dari total hasil tangkapan. Maka dari itu, tidak seluruh individu harus diukur selama sampel yang diambil bersifat acak dan mampu merepresentasikan populasi (Kindong *et al.*, 2020). Akan tetapi, penerapan LFQ di perairan tropis menghadapi tantangan utama berupa pola rekrutmen yang berlangsung sepanjang tahun, yang menyebabkan tumpang tindih kohort dan menyulitkan identifikasi puncak modus secara jelas (Houde *et al.*, 2022).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode ELEFAN digunakan dengan pendekatan *simulated annealing* (ELEFAN S.A.) dan *genetic algorithm* (ELEFAN G.A.) yang dinilai lebih maju dan andal dibandingkan teknik pencarian standar seperti *response surface analysis* (RSA) dalam mengestimasi parameter pertumbuhan fungsi von Bertalanffy (VBGF) berbasis data LFQ (Mildenberger *et al.*, 2017). Pendekatan ELEFAN S.A. menggunakan proses optimasi probabilistik untuk mencari kombinasi parameter pertumbuhan terbaik, sedangkan ELEFAN G.A. menggunakan

mekanisme evolusi dalam proses optimasinya. Dalam penelitian ini, hasil ELEFAN S.A. dinilai lebih representatif karena menghasilkan nilai *goodness-of-fit* (R_n) yang lebih tinggi, dengan pendekatan probabilistik untuk mendekati solusi optimum global (Xiang *et al.*, 2013). (Taylor & Mildenberger, 2017) Pendekatan ini memungkinkan estimasi parameter pertumbuhan yang lebih robust, terutama pada kondisi data yang kompleks seperti pada populasi ikan layur di perairan tropis.

Nilai *goodness-of-fit* (R_n) yang diperoleh dalam penelitian ini, meskipun tidak mendekati nilai maksimum, harus dipandang sebagai representasi kompleksitas biologis populasi layur di perairan Teluk Lampung, bukan sebagai kelemahan metode. Tingginya variabilitas lingkungan dan pola rekrutmen sepanjang tahun secara langsung memengaruhi kemampuan model dalam menyesuaikan kurva pertumbuhan, sehingga dapat menurunkan nilai R_n (Pauly, 1987). Namun demikian, penggunaan algoritma optimasi modern seperti ELEFAN S.A. dalam TropFishR memungkinkan pencarian solusi optimal dalam kondisi tersebut, sehingga parameter pertumbuhan yang dihasilkan tetap dapat dianggap sebagai estimasi terbaik yang tersedia.

Parameter pertumbuhan yang dihasilkan meliputi persentase waktu dalam satu tahun ketika kurva pertumbuhan memotong panjang pada titik nol (t_{anchor}) adalah 0,53 dan indeks kesesuaian model (R_n) adalah 0,26. Nilai R_n yang relatif rendah mencerminkan kompleksitas pola pertumbuhan ikan di perairan tropis, yang umumnya dipengaruhi oleh rekrutmen sepanjang tahun dan variabilitas lingkungan yang tinggi (Dahel *et al.*, 2025). Nilai R_n yang rendah pada ikan layur juga ditemukan pada perairan Teluk Benggala sebesar 0,19 (Nazrul *et al.*, 2018) dan perairan Pakistan sebesar 0,22 (Memon *et al.*, 2016).

Secara keseluruhan, pendekatan ELEFAN S.A. pada TropFishR mampu memberikan estimasi parameter pertumbuhan yang representatif untuk ikan layur di perairan Teluk Lampung meskipun pola rekrutmen tropis menyebabkan kompleksitas dalam distribusi frekuensi panjang. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis panjang tetap efektif digunakan untuk evaluasi stok pada perikanan tropis dengan keterbatasan data biologis.

Penilaian komprehensif parameter *life history* ikan layur

Keterbatasan informasi mengenai dinamika populasi ikan layur khususnya spesies *L. savala* di perairan Teluk Lampung menjadikan hasil penelitian ini sebagai dasar rujukan penting bagi pengelolaan berkelanjutan spesies tersebut. Dalam penilaian stok perikanan, penerapan strategi pengelolaan terpisah antara jantan dan betina sering kali sulit dilakukan akibat praktik penangkapan yang tidak selektif. Oleh karena itu, sebagian besar model penilaian stok menggunakan satu set karakteristik populasi gabungan (Santos *et al.*, 2022). Sejalan dengan itu, nilai *life history* ikan layur dihasilkan dengan menggunakan set populasi gabungan. Selain itu, penelitian ini juga merupakan kajian komprehensif pertama mengenai dinamika populasi ikan layur di perairan Teluk Lampung, yang termasuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 572. Wilayah ini merupakan zona penangkapan yang cukup intensif untuk ikan pelagis demersal, yang sebagian besar dieksploitasi oleh armada skala kecil hingga menengah dengan alat tangkap seperti jaring insang, payang, dan *purse seine* (Fauzany *et al.*, 2024; Kartini *et al.*, 2024). Dengan menggunakan pendekatan analisis frekuensi panjang yang dioptimalkan melalui metode *simulated annealing* pada ELEFAN (ELEFAN_SA), penelitian ini berhasil mengestimasi parameter populasi utama ikan layur (Tabel 1 dan Tabel 2).

Signifikansi temuan ini terletak pada jawaban terhadap tujuan penelitian secara langsung, yaitu menyediakan dasar kuantitatif bagi parameter riwayat hidup dan parameter penangkapan. Nilai-nilai yang dihasilkan tersebut merupakan langkah fundamental dalam ilmu perikanan karena memungkinkan transformasi dari observasi kualitatif terhadap tekanan penangkapan menjadi evaluasi kuantitatif yang terukur (Al-Mamun *et al.*, 2021; Memon *et al.*, 2016; Raza *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan upaya penangkapan di perairan Teluk Lampung yang berpotensi berbanding terbalik dengan hasil tangkapan per unit upaya (CPUE). Tentunya hal ini merupakan indikasi potensi penurunan kesehatan stok. Tanpa parameter populasi yang kuat, indikasi tersebut hanya bersifat deskriptif. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menyediakan perangkat diagnostik penting yang memungkinkan pengelolaan perikanan beralih dari pendekatan asertif menuju pendekatan berbasis bukti (*evidence-based management*), yang sangat krusial bagi keberlanjutan sumber daya ikan layur.

Stok layur pada penelitian ini menunjukkan panjang asimtotik (L_{∞}) sebesar 684,14 mm dan laju pertumbuhan (K) sebesar 0,65 per tahun. Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian di perairan lainnya seperti di perairan Juwata (Indarjo *et al.*, 2020), perairan Pangandaran (Rachmawati & Hartati, 2017), Selat Sunda (Agustina *et al.*, 2015), perairan Pakistan (Memon *et al.*, 2016), perairan India (Pakhmode *et al.*, 2013), dan perairan Bangladesh (Nazrul *et al.*, 2018). Nilai L_{∞} tersebut masih dalam kisaran L_{∞} dari berbagai perairan baik tropis maupun subtropis yakni antara 593 mm dari perairan Juwata, Tarakan sampai yang tertinggi 1.333,5 mm dari perairan Pakistan. Adapun nilai K dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan layur di perairan Teluk Lampung masuk ke dalam kategori pertumbuhan yang cepat ($K > 0,3$). Pertumbuhan layur di berbagai perairan juga menunjukkan pertumbuhan yang cepat (Tabel 3). Akan tetapi terdapat layur dengan pertumbuhan yang lambat seperti di perairan Pakistan dengan nilai $K = 0,13$ (Memon *et al.*, 2016). Perbedaan nilai K yang mencolok pada spesies yang sama biasanya disebabkan oleh fenomena biologis yang disebut *trade-off* pertumbuhan. Ikan yang diprogram secara biologis untuk mencapai ukuran besar butuh waktu lebih lama untuk tumbuh atau nilai K rendah (Jensen, 1997).

Sebagai catatan lanjutan terkait nilai K, standar angka eksplisit yang secara universal mengklasifikasikan nilai K ke dalam kategori pertumbuhan lambat atau cepat bagi seluruh jenis ikan belum dapat ditemukan. Klasifikasi yang sering dirujuk, seperti Branstetter (1987), pada dasarnya bersifat spesifik untuk kelompok elasmobranchia (hiu dan pari) dan kurang representatif jika diterapkan pada ikan teleostei (Dahel *et al.*, 2025). Karenanya nilai K lebih tepat diinterpretasikan melalui hubungannya dengan resiliensi atau produktivitas stok sebagaimana yang dikembangkan oleh FishBase berdasarkan kriteria (Musick, 1999). Dalam penelitian ini, nilai K sebesar 0,65 pada ikan layur menjadi indikator fungsional bahwa spesies ini memiliki resiliensi yang tinggi, yang secara tidak langsung merefleksikan karakteristik pertumbuhan yang cepat dalam siklus hidupnya.

Nilai indeks performa pertumbuhan (Φ' = 5,48) pada penelitian ini menunjukkan bahwa ikan layur di perairan Teluk Lampung memiliki kombinasi pertumbuhan dan ukuran maksimum yang relatif tinggi. Indeks Φ' digunakan sebagai

indikator komparatif untuk mengevaluasi performa pertumbuhan antar-populasi atau antarwilayah karena mengintegrasikan parameter L_{∞} dan K dalam satu ukuran biologis (Flinn & Midway, 2021). Nilai Φ' yang relatif tinggi pada penelitian ini mengindikasikan bahwa stok layur memiliki produktivitas biologis yang cukup baik dan kemampuan pertumbuhan yang relatif cepat, sebagaimana umum ditemukan pada ikan pelagis demersal di wilayah tropis.

Selain itu, estimasi umur maksimum teoritis (t_{max}) menunjukkan bahwa ikan layur memiliki siklus hidup yang relatif pendek. Karakteristik ini

umumnya berkaitan dengan spesies yang memiliki laju pertumbuhan cepat dan kemampuan pemulihan populasi yang relatif tinggi. Namun demikian, spesies dengan umur hidup pendek juga cenderung lebih sensitif terhadap peningkatan tekanan penangkapan apabila eksploitasi berlangsung secara terus-menerus dan melebihi kapasitas rekrutmen populasi (Thorson *et al.*, 2017). Oleh karena itu, interpretasi parameter *life history* tidak hanya penting untuk memahami karakteristik biologis spesies, tetapi juga untuk mengevaluasi ketahanan stok terhadap tekanan eksploitasi.

Tabel 3. Nilai parameter pertumbuhan ikan layur dari berbagai perairan

Lokasi	Metode	L_{∞} (mm)	K (tahun ⁻¹)	Sumber
Teluk Lampung	TropFishR	684,14	0,65	Penelitian ini
Perairan Pakistan	LBB	1.090	-	(Raza <i>et al.</i> , 2022)
Teluk Benggala, Bangladesh	LBB	1.110	-	(Al-Mamun <i>et al.</i> , 2021)
Perairan Juwata, Tarakan	FISAT	(jantan) 593 (betina) 726	-	(Indarjo <i>et al.</i> , 2020)
Teluk Benggala, Bangladesh	FISAT	1.110	0,34	(Nazrul <i>et al.</i> , 2018)
Perairan Pangandaran,	FISAT	1.110	0,56	(Rachmawati & Hartati, 2017)
Selat Sunda	FISAT	(jantan) 856 (betina) 710	-	(Agustina <i>et al.</i> , 2015)
Perairan Pakistan	FISAT	1.333,5	0,13	(Memon <i>et al.</i> , 2016)
Pesisir Ratnagiri, India	FISAT	682,5	0,55	(Pakhmode <i>et al.</i> , 2013)

Lebih lanjut lagi, nilai parameter *life history* yang diperoleh dalam penelitian ini tidak sepenuhnya sama dengan penelitian yang lain. Hal ini dapat disebabkan oleh variasi kondisi lingkungan, termasuk lokasi geografis, karakteristik perairan, dan ketersediaan makanan. Faktor lingkungan seperti kualitas perairan, produktivitas primer, serta dinamika oseanografi berperan penting dalam memengaruhi laju pertumbuhan ikan. Selain itu, nilai parameter tersebut juga dapat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, tingkat predasi, tekanan eksploitasi, serta jenis alat tangkap yang digunakan (Ghosh *et al.*, 2016). Menurut Suwarso & Hariati (2017), variasi panjang maksimum ikan antarwilayah perairan juga erat kaitannya dengan kondisi habitat dan intensitas aktivitas penangkapan. Habitat dengan ketersediaan nutrisi dan sumber makanan alami yang memadai cenderung mendukung pertumbuhan ikan secara optimal. Sebaliknya, tekanan penangkapan yang tinggi dapat menghambat ikan untuk mencapai ukuran maksimum karena individu telah tertangkap sebelum mencapai fase pertumbuhan penuh. Hal ini menyebabkan nilai L_{∞} yang terestimasi menjadi lebih rendah. Dalam konteks penelitian ini, nilai

parameter pertumbuhan pada ikan layur di perairan Teluk Lampung dapat mencerminkan kombinasi pengaruh kondisi lingkungan lokal dan tekanan penangkapan. Tingginya aktivitas perikanan di wilayah ini berpotensi membatasi peluang individu untuk tumbuh hingga ukuran maksimum, sehingga parameter pertumbuhan yang dihasilkan tidak hanya merepresentasikan karakteristik biologis spesies, tetapi juga respons terhadap tekanan eksploitasi yang terjadi.

Selain panjang maksimum individu yang diamati, variasi nilai L_{∞} dan K antar-penelitian juga dapat dipengaruhi oleh metode optimasi parameter yang digunakan. Dalam studi menggunakan FiSAT II, proses optimasi parameter dapat bervariasi tergantung pada pengguna. Sebaliknya, TropFishR menggunakan algoritma yang lebih canggih untuk meminimalkan kesalahan akibat subjektivitas pengguna (Mildenberger *et al.*, 2017). Menurut Rahman *et al.* (2016), performa pertumbuhan suatu spesies dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan, jumlah sampel yang diamati, serta ukuran individu maksimum yang tertangkap. Hasil penelitian ini merupakan estimasi stok yang pertama dilakukan untuk ikan layur di perairan Teluk Lampung yang diperoleh menggunakan

pendekatan TropFishR. Oleh karena itu, parameter pertumbuhan yang diestimasi menggunakan ELEFAN_SA belum dapat dibandingkan secara langsung dengan penelitian sebelumnya pada spesies yang sama di lokasi yang identik.

Meskipun pendekatan berbasis frekuensi panjang melalui TropFishR dan ELEFAN mampu memberikan estimasi parameter stok secara efektif, hasil yang diperoleh tetap memiliki tingkat ketidakpastian tertentu. Ketidakpastian tersebut dapat dipengaruhi oleh distribusi ukuran sampel, keterbatasan periode pengamatan, pola rekrutmen yang berlangsung sepanjang tahun, serta kemungkinan tumpang tindih kohort pada perairan tropis (Schwamborn *et al.*, 2019). Selain itu, estimasi parameter pertumbuhan seperti L_{∞} dan K juga sensitif terhadap representasi ukuran maksimum individu yang tertangkap selama periode sampling.

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan selama empat bulan sehingga kemungkinan belum sepenuhnya merepresentasikan variasi musiman populasi ikan layur di perairan Teluk Lampung. Di samping itu, penggunaan data hasil tangkapan dari aktivitas perikanan juga berpotensi dipengaruhi oleh selektivitas alat tangkap dan dinamika operasi penangkapan. Oleh karena itu, interpretasi hasil penelitian perlu mempertimbangkan keterbatasan tersebut, dan penelitian lanjutan dengan cakupan waktu yang lebih panjang serta integrasi parameter reproduksi dan lingkungan diperlukan untuk meningkatkan akurasi penilaian stok di masa mendatang.

Estimasi parameter berbasis frekuensi panjang dalam penelitian ini juga berpotensi dipengaruhi oleh selektivitas alat tangkap yang digunakan oleh nelayan. Penggunaan *mini purse seine* dan payang dapat menyebabkan ukuran ikan yang tertangkap tidak sepenuhnya merepresentasikan struktur populasi alami di perairan. Individu berukuran sangat kecil atau sangat besar kemungkinan memiliki probabilitas tertangkap yang berbeda sehingga dapat memengaruhi distribusi frekuensi panjang dan estimasi parameter pertumbuhan maupun mortalitas. Selain itu, data LFQ yang berasal dari hasil pendaratan ikan juga sangat dipengaruhi oleh dinamika operasi penangkapan dan lokasi penangkapan selama periode sampling.

Secara umum, parameter pertumbuhan yang diperoleh menunjukkan bahwa stok ikan layur di

perairan Teluk Lampung memiliki karakteristik pertumbuhan yang relatif cepat dengan respons yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan tekanan penangkapan. Informasi ini menjadi dasar penting dalam memahami dinamika stok dan mendukung penyusunan strategi pengelolaan perikanan yang lebih adaptif.

Mortalitas dan tingkat eksploitasi ikan layur

Nilai mortalitas alami ($M=0,87$ per tahun) dan mortalitas penangkapan ($F=1,80$ per tahun) menunjukkan bahwa kematian ikan lebih banyak disebabkan oleh aktivitas penangkapan daripada proses alami, dengan rasio sekitar 2,1. Tingkat eksploitasi ($E=0,67$) melebihi nilai optimum ($E=0,5$), yang mengindikasikan kondisi eksploitasi berlebih (*overfishing*). Dalam jangka panjang, hal seperti ini dapat mengancam keberlanjutan sumber daya. Apabila kondisi ini terus berlangsung, akan ada risiko terjadinya penurunan biomassa induk serta gangguan terhadap proses rekrutmen populasi. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian lain yang menunjukkan bahwa ikan layur telah mengalami tekanan eksploitasi tinggi di banyak perairan.

Penelitian di perairan Pangandaran, memiliki nilai Z sebesar 3,46 per tahun, M sebesar 0,85 per tahun, dan F sebesar 2,61 per tahun (Rachmawati & Hartati, 2017). Sementara itu, penelitian di Selat Sunda menunjukkan nilai Z sebesar 1,6 per tahun untuk jantan dan 1,25 per tahun untuk betina (Agustina *et al.*, 2015). Dibandingkan dengan hasil penelitian ini, nilai mortalitas (Z , M , dan F) pada populasi layur di perairan Teluk Lampung relatif lebih rendah. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi distribusi ukuran atau kelompok umur ikan, terutama pada spesies yang memiliki karakteristik migrasi temporal dan spasial serta pola *schooling* yang tersebar. Lain halnya dengan perairan di Indonesia, nilai Z di perairan Pakistan (0,49 per tahun) dan Teluk Benggala (1,09 per tahun) relatif lebih kecil. Hal ini dikarenakan nilai F yang kecil di Pakistan (0,185 per tahun) dan Teluk Benggala (0,479 per tahun) yang mengindikasikan upaya penangkapan yang rendah terhadap ikan layur di perairan tersebut (Memon *et al.*, 2016; Nazrul *et al.*, 2018).

Selain itu, koefisien mortalitas akibat penangkapan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan intensitas alat tangkap yang digunakan; semakin tinggi jumlah dan intensitas alat tangkap, maka semakin besar pula nilai mortalitas penangkapan.

Variasi tingkat mortalitas antar-wilayah juga mencerminkan perbedaan kondisi stok dan tekanan eksploitasi terhadap parameter populasi (Koolkalya *et al.*, 2017). Perbedaan nilai mortalitas dalam penelitian ini tidak hanya mencerminkan karakteristik biologis spesies, tetapi juga menunjukkan pengaruh faktor lingkungan dan tekanan penangkapan yang berbeda di setiap wilayah perairan.

Nilai mortalitas penangkapan yang lebih tinggi dibandingkan mortalitas alami serta tingkat eksploitasi yang melampaui batas optimum merupakan indikasi kuat terjadinya tangkap lebih dan menuntut diterapkannya langkah pengelolaan yang bersifat korektif. Kondisi serupa dilaporkan pada beberapa stok ikan demersal, termasuk layur, ketika rasio $F/M > 1$ dan nilai E melebihi 0,5, sehingga direkomendasikan pengurangan upaya penangkapan untuk mencegah pengurangan stok (Agustina *et al.*, 2015). Kebijakan pengelolaan perlu diarahkan pada pengendalian kapasitas dan intensitas penangkapan seperti pembatasan jumlah trip untuk menurunkan mortalitas penangkapan hingga mendekati tingkat biologis yang lebih aman (Raza *et al.*, 2022). Salah satu instrumen penting adalah pengaturan selektivitas alat tangkap melalui peningkatan ukuran mata jaring atau modifikasi desain *codend*, yang terbukti mampu meningkatkan ukuran ikan yang tertangkap dan mengurangi proporsi ikan juvenil dalam hasil tangkapan (Yu *et al.*, 2023).

Tingginya tingkat eksploitasi pada penelitian ini mengindikasikan terjadinya *growth overfishing*, yaitu kondisi ketika ikan tertangkap sebelum mencapai ukuran optimum untuk menghasilkan biomassa maksimum (Rossi, 2023). Apabila kondisi tersebut berlangsung secara terus-menerus, jumlah individu dewasa yang berkontribusi terhadap pemijahan dapat menurun dan berpotensi berkembang menjadi *recruitment overfishing* (Jin *et al.*, 2024). Pada tahap ini, kapasitas stok untuk menghasilkan rekrutmen baru mulai terganggu karena biomassa induk tidak lagi cukup untuk mempertahankan regenerasi populasi secara optimal.

Dalam konteks pengelolaan perikanan di Teluk Lampung dan WPP 572, selain pengaturan selektivitas, upaya pengelolaan lain yang direkomendasikan mencakup penetapan ukuran minimum layak tangkap (*minimum legal size/MLS*) untuk melindungi ikan juvenil, perlindungan daerah dan musim pemijahan melalui penutupan ruang dan

waktu, serta penerapan pendekatan berbasis target biologis seperti tingkat eksploitasi optimum ($E=0,5$) (Takar & Gurjar, 2020). Implementasi terpadu dari berbagai strategi ini diharapkan dapat meningkatkan peluang ikan untuk memijah setidaknya satu kali sebelum tertangkap sehingga biomassa stok dapat berkelanjutan.

Penelitian ini merupakan salah satu kajian awal yang mengintegrasikan pendekatan TropFishR dan ELEFAN S.A. untuk mengevaluasi dinamika stok ikan layur di Teluk Lampung, yang termasuk dalam WPP 572. Informasi parameter pertumbuhan, mortalitas, dan tingkat eksploitasi yang dihasilkan memberikan dasar ilmiah awal bagi pengelolaan stok layur di wilayah ini, terutama pada perikanan skala kecil yang masih memiliki keterbatasan data. Penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap pengembangan kajian *stock assessment* berbasis data panjang di perairan tropis, tetapi juga mendukung penyusunan kebijakan pengelolaan perikanan yang lebih adaptif di WPP 572.

Kesimpulan

Pemahaman terhadap karakteristik biologis suatu spesies merupakan dasar penting dalam pengambilan keputusan dan penyusunan strategi pengelolaan perikanan yang efektif. Dalam penelitian ini, pendekatan TropFishR dengan metode ELEFAN S.A. berbasis data frekuensi panjang (LFQ) memungkinkan estimasi parameter pertumbuhan dan mortalitas untuk menilai status stok layur jenis *Lepturacanthus savala* di perairan Teluk Lampung. Hasil analisis menunjukkan bahwa laju mortalitas penangkapan (F) lebih tinggi dibandingkan mortalitas alami (M), dengan tingkat eksploitasi (E) sebesar 0,65 yang telah melampaui nilai optimum ($E=0,5$). Kondisi ini mengindikasikan bahwa stok berada dalam tekanan penangkapan yang tinggi dan mengarah pada terjadinya *growth overfishing*, serta berpotensi berkembang menjadi *recruitment overfishing* apabila tidak dilakukan pengelolaan yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah pengelolaan yang bersifat preventif dan adaptif untuk menurunkan tekanan penangkapan serta memulihkan stok. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui pengaturan ukuran minimum tangkap, pengendalian upaya penangkapan, serta peningkatan selektivitas alat tangkap. Namun

demikian, implementasi kebijakan tersebut perlu mempertimbangkan aspek sosial-ekonomi masyarakat nelayan yang bergantung pada sumber daya ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian DIPA FP sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Agustina, S., Boer, M., & Fahrudin, A. (2015). Dinamika populasi sumber daya ikan layur (*Lepturacanthus savala*) di perairan Selat Sunda. *Marine Fisheries*, 6(1), 77–85.
- Al-Mamun, M. A., Liu, Q., Chowdhury, S. R., Uddin, M. S., Shahriar Nazrul, K. M., & Sultana, R. (2021). Stock assessment for seven fish species using the LBB method from the northeastern tip of the Bay Of Bengal, Bangladesh. *Sustainability*, 13(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su13031561>
- Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., Campling, L., Leschen, W., Little, D., Squires, D., Thilsted, S. H., Troell, M., & Williams, M. (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. *World Development*, 79, 177–196. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>
- Branstetter, S. (1987). Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 19(3), 161–173. <https://doi.org/10.1007/BF00005346>
- Cousido-Rocha, M., Cerviño, S., Alonso-Fernández, A., Gil, J., Herraiz, I. G., Rincón, M. M., Ramos, F., Rodríguez-Cabello, C., Sampedro, P., Vila, Y., & Pennino, M. G. (2022). Applying length-based assessment methods to fishery resources in the Bay of Biscay and Iberian Coast ecoregion: Stock status and parameter sensitivity. *Fisheries Research*, 248, 106197. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106197>
- Dahel, A. T., Ferroudj, S., & Samar, M. F. (2025). Assessing the population parameters of european anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) in Algerian east coast (southwestern Mediterranean Sea). *Applied Ecology and Environmental Research*, 23(1), 1347–1363. https://doi.org/10.15666/aecer/2301_13471363
- de Barros, M., Oliveira-Filho, R., Aschenbrenner, A., Hostim-Silva, M., Chiquieri, J., & Schwamborn, R. (2024). Evaluation of traditional and bootstrapped methods for assessing data-poor fisheries: a case study on tropical seabob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) with an improved length-based mortality estimation method. *PeerJ*, 12, e18397. <https://doi.org/10.7717/peerj.18397>
- Dewi, P., Setiadi, Y., Suharyanto, Efyjanto, T. K., Efendi, D. S., Purwanto, Y., Rahmani, R. M., & Nugraha, E. (2025). Bioeconomic analysis of savalai hairtail (*Lepturacanthus savala*) catches that landed at coastal fishing port (PPP) Sadeng, Indonesia. *International Journal of Science and Research Archive*, 16(1), 178–192. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.16.1.1997>
- Digamadulla, D. S., & de Croos, M. D. S. T. (2023). Syndication of sink-source and area-based resource management as a remedy to sustain a small-scale fishery: The case study of blue swimming crab fishery from Sri Lanka. *Ocean & Coastal Management*, 244, 106787. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106787>
- Fauzany, M. N., Isnaini, & Ningsih, E. N. (2024). Keanekaragaman hasil tangkapan utama dan sampingan pada penangkapan mini purse seine di perairan Lempasing, Lampung. *Maspari Journal - Marine Science Research*, 16(2), 74–84. <https://doi.org/10.56064/maspari.v16i2.45>
- Flinn, S. A., & Midway, S. R. (2021). Trends in growth modeling in fisheries science.

- Fishes*, 6(1), 1.
<https://doi.org/10.3390/fishes6010001>
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506–526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>
- Froese, R., & Pauly, D. (2024). Taking stock of global fisheries. *Science*, 385(6711), 824–825.
<https://doi.org/10.1126/science.adr5487>
- Gervasi, C. L., Karnauskas, M., Rios, A., Santos, R. O., James, W. R., Rezek, R. J., & Rehage, J. S. (2023). Rapid approach for assessing an unregulated fishery using a series of data-limited tools. *Marine and Coastal Fisheries*, 15(5).
<https://doi.org/10.1002/mcf2.10270>
- Ghosh, S., Rao, M. V. H., Mahesh, V. U., Kumar, M. S., & Rohit, P. (2016). Fishery, reproductive biology and stock status of the Indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817), landed along the north-east coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 63(2), 33–41.
- Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C. M., Viana, D. F., Matthey, H., Eurich, J. G., Gephart, J. A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E. A., Lynch, A. J., Kjellebold, M., Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K. M., ... Thilsted, S. H. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature*, 598(7880), 315–320.
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1>
- Han, H., & Chen, Z. (2024). The Impact of Socio-Economic Factors on the Decline of Fishery Resources. *International Journal of Marine Science*.
<https://doi.org/10.5376/ijms.2024.14.0010>
- He, X., Luo, Z., Zhao, C., Huang, L., Yan, Y., & Kang, B. (2022). Species composition, growth, and trophic traits of hairtail (Trichiuridae), the Most productive fish in Chinese marine fishery. *Animals*, 12(22), 3078. <https://doi.org/10.3390/ani12223078>
- Heino, M., Díaz Pauli, B., & Dieckmann, U. (2015). Fisheries-induced evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46(1), 461–480.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054339>
- Hoening, J. M. (1983). Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 82, 898–903.
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., & Prince, J. (2015). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 217–231.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>
- Houde, E. D., Able, K. W., Strydom, N. A., Wolanski, E., & Arula, T. (2022). Reproduction, ontogeny and recruitment. In *Fish and Fisheries in Estuaries* (pp. 60–187). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119705345.ch3>
- Indarjo, A., Salim, G., Amir, F., Supriadi, Soejarwo, P. A., Nugraeni, C. D., Prakoso, L. Y., Ambariyanto, A., Firdaus, M., & Ransangan, J. (2020). Growth characteristics layur fish lepturacanthus savala in Juata Waters, Tarakan, Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 25(3), 127–134.
<https://doi.org/10.14710/ik.ijms.25.3.127-134>
- Jensen, A. L. (1997). Origin of relation between K and L_{inf} and synthesis of relations among life history parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(5), 987–989. <https://doi.org/10.1139/f97-007>
- Jin, S., Jiao, Y., Li, J., Xu, Z., Xu, Y., Zou, M., Ding, J., Li, X., Wang, Z., Wang, M., Li, W., Zhang, T., Lek, S., Zhu, M., & Luo, S. (2024). Length-based stock assessment for *Procambarus clarkii* aquaculture management in China: An alarming of ongoing recruitment overfishing. *Aquaculture*, 579, 740182.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740182>
- Julian, D., Reza, M., & Putra, M. G. A. (2024). Length-weight relationship and condition factors of *Lepturacanthus savala* in Lampung Bay, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(2).
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d250209>

- Kartini, N., Yudha, I. G., Yulianto, H., Caesario, R., & Julian, D. (2024). Population dynamics of yellowstripe scad (*Selaroides leptolepis*) in Lampung Bay waters. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4), 41–48. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7578>
- Kelling, I., Bennett, N., Barclay, K., Jeffs, A., Pita, C., Krogh-Poulsen, B., Troll, T., Micha, E., Weston, J. C. L., Black, I., Lawan, I., Leeper, A., Pouw, N., Siggs, M., Wakita, K., & Wiese, K. (2026). Beyond growth: Reshaping fisheries for a wellbeing economy. *Marine Policy*, 183, 106898. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106898>
- Kindong, R., Wu, F., Tian, S., Zhu, J., Dai, X., Wang, J., & Dai, L. (2020). Biological parameters estimate for the sickle pomfret (*Taractichthys steindachneri*) in the west-central and eastern Pacific Ocean. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 49(3), 373–381.
- Koolkalya, S., Matchakuea, U., & Jutagate, T. (2017). Growth, Population Dynamics and Optimum yield of indian mackerel, *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816), in the eastern Gulf of Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, 13(1), 1065–1075.
- Lowerre-Barbieri, S., DeCelles, G., Pepin, P., Catalán, I. A., Muhling, B., Erisman, B., Cadrin, S. X., Alós, J., Ospina-Alvarez, A., Stachura, M. M., Tringali, M. D., Burnsed, S. W., & Paris, C. B. (2017). Reproductive resilience: a paradigm shift in understanding spawner-recruit systems in exploited marine fish. *Fish and Fisheries*, 18(2), 285–312. <https://doi.org/10.1111/faf.12180>
- Majeed, S., Amin, S. M. N., Muhammad, A. U. A., & Ahmed, S. (2025). Assessment of exploited stock and management implications of tiger tooth croaker (*Otolithes ruber*) in coastal waters of Makran, Pakistan. *Fishes*, 10(5), 238. <https://doi.org/10.3390/fishes10050238>
- Medeiros-Leal, W., Santos, R., Peixoto, U. I., Casal-Ribeiro, M., Novoa-Pabon, A., Sigler, M. F., & Pinho, M. (2023). Performance of length-based assessment in predicting small-scale multispecies fishery sustainability. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 33(3), 819–852. <https://doi.org/10.1007/s11160-023-09764-9>
- Memon, K. H., Liu, Q., Kalhor, M. A., Chang, M. S., Baochao, L., Memon, A. M., Hyder, S., & Tabassum, S. (2016). Growth and mortality parameters of hairtail *Lepturacanthus savala* from Pakistan waters. *Pakistan Journal of Zoology*, 48(3).
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2017). TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11), 1520–1527. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12791>
- Musick, J. A. (1999). Criteria to define extinction risk in marine fishes: the American fisheries society initiative. *Fisheries*, 24(12), 6–14.
- Nakamura, Ikuo., & Parin, N. V. (1993). *Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae): an annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolars, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Nazrul, K. M. S., Mamun, A., Al-Mamun, M. A., Barua, S., & Uddin, M. S. (2018). Population dynamics study of ribbonfish, *Lepturacanthus savala* from the north-eastern tip of Bay of Bengal. *Global Journal of Science Frontier Research: E Marine Science*, 18(1), 41–47.
- Pakhmode, P. K., Mohite, S. A., & Mohite, A. S. (2013). Morphological characters and morphometric relationship of ribbonfish, *Lepturacanthus savala* (Cuvier, 1929) off Ratnagiri coast, Maharashtra. *Species*, 5(14), 18–22.
- Pauly, D. (1983). Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). *Fishbyte*, 1(2), 9–13.
- Pauly, D. (1984). *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*.
- Pauly, D. (1987). A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In D. Pauly & G. R. Morgan (Eds.), *Length-*

- based methods in fisheries research (pp. 7–34). ICLARM conference proceedings 13.
- Pauly, D. (1990). Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *Fishbyte*, 8(3), 33–38.
- Pauly, D., & Munro, L. (1984). Once more on growth comparison in fish and vertebrates. *Fishbyte*, 2(1), 1–21.
- Pauly, D., & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, 7(1), 10244. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>
- Rachmawati, P. F., & Hartati, S. T. (2017). Aspek biologi ikan layur (*Lepturacanthus savala* Cuvier, 1829) di perairan pangandaran, jawa barat. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 9(2), 133. <https://doi.org/10.15578/bawal.9.2.2017.133-143>
- Rahman, M. A. U., Mohanchander, P., Lyla, P. S., & Khan, S. A. (2016). Growth and Stock Estimation of Greenback Mullet, *Liza subviridis* (Valenciennes, 1836) from Parangipettai waters (southeast coast of India). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 32(1), 43–50. <https://doi.org/10.1007/s41208-015-0005-3>
- Raza, H., Liu, Q., Alam, M. S., & Han, Y. (2022). Length Based Stock Assessment of Five Fish Species from the Marine Water of Pakistan. *Sustainability*, 14(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su14031587>
- Raza, H., Liu, Q., Hanif, M. T., & Han, Y. (2023). Stock Evaluation of the Data-Limited Fisheries: A Case Study of Five Major Commercially Important Fishes from the Western Indian Ocean, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 55(3). <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20211108201136>
- Rossi, S. (2023). Fishing and overfishing-sustainable harvest of the sea. In *SDG 14: Life Below Water* (pp. 207–325). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19467-2_4
- Santos, L., Vasconcelos-Filho, J., Eduardo, L. N., Lira, A., Craveiro, C., Silva, E. F., & Lucena-Frédou, F. (2024). Stock assessment of *Larimus breviceps*, a bycatch species exploited by artisanal beach seining in Northeast Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 31(1). <https://doi.org/10.1111/fme.12647>
- Santos, R., Peixoto, U. I., Medeiros-Leal, W., Sequeira, R. M., Novoa-Pabon, A., & Pinho, M. (2022). Demographics and yield-per-recruit assessment of the vulnerable spiny lobster *Palinurus elephas* in the Azores—implications for conservation and fisheries management. *Biology*, 11(3), 474. <https://doi.org/10.3390/biology11030474>
- Schwamborn, R., Mildenerger, T. K., & Taylor, M. H. (2019). Assessing sources of uncertainty in length-based estimates of body growth in populations of fishes and macroinvertebrates with bootstrapped ELEFAN. *Ecological Modelling*, 393, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.12.001>
- Suwarso, S., & Hariati, T. (2017). Biologi dan ekologi ikan pelagis kecil di pantai utara Jawa Barat dan Selat Sunda. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(7), 29. <https://doi.org/10.15578/jppi.9.7.2003.29-36>
- Takar, S., & Gurjar, U. R. (2020). Minimum legal size: a tool for sustainable fisheries management. *Biotica Research Today*, 2(7), 658–660.
- Taylor, M. H., & Mildenerger, T. K. (2017). Extending electronic length frequency analysis in R. *Fisheries Management and Ecology*, 24(4), 330–338. <https://doi.org/10.1111/fme.12232>
- Thorson, J. T., Munch, S. B., Cope, J. M., & Gao, J. (2017). Predicting life history parameters for all fishes worldwide. *Ecological Applications*, 27(8), 2262–2276. <https://doi.org/10.1002/eap.1606>
- von Bertalanffy, L. (1938). A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws. II). *Human Biology*, 10(2), 181–213.
- Wetherall, J. A., Polovina, J. J., & Ralston, S. (1987). Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data. *ICLARM Conference Proceedings*, 13, 53–74.

Xiang, Y., Gubian, S., Suomela, B., & Hoeng, J. (2013). Generalized simulated annealing for global optimization: the gensa package. *The R Journal*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.32614/RJ-2013-002>

Ye, Y., & Link, J. S. (2023). A composite fishing index to support the monitoring and sustainable management of world fisheries. *Scientific Reports*, 13(1), 10571. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37048-6>

Yu, M., Herrmann, B., Liu, C., Zhang, L., & Tang, Y. (2023). Effect of codend design and mesh size on the size selectivity and exploitation pattern of three commercial fish in stow net fishery of the Yellow Sea, China. *Sustainability*, 15(8), 6583. <https://doi.org/10.3390/su15086583>