



PENGUATAN LITERASI DATA MELALUI ANALISIS PRODUKSI IKAN TEMBANG (*SARDINELLA FIMBRIATA*) KABUPATEN LAMONGAN TAHUN 1990–2024

Rasyanda Khaira Azzahra¹, Eden Louis Sabrina², Haniifah Almas Qurrotu Aini³, Banyu Linuwih⁴, Tiur Malengga⁵, Tri Djoko Lelono⁶, Arief Setyanto⁷, Gatut Bintoro⁸, Andik Isdianto^{9*}

¹Universitas Brawijaya, Email : siecalico24@student.ub.ac.id

²Universitas Brawijaya, Email : edenlouiss@student.ub.ac.id

³Universitas Brawijaya, Email : haniifahainiii@student.ub.ac.id

⁴Universitas Brawijaya, Email : banyulinuwih@student.ub.ac.id

⁵Universitas Brawijaya, Email : tiurmalengga@student.ub.ac.id

⁶Universitas Brawijaya, Email : t.djoko@ub.ac.id

⁷Universitas Brawijaya, Email : asetyanto@ub.ac.id

⁸Universitas Brawijaya, Email : gbintoro@ub.ac.id

^{9*}Universitas Brawijaya, Email : andik.isdianto@ub.ac.id

*email koresponden: andik.isdianto@ub.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.62567/jpi.v2i2.3011>

Abstract

*Fisheries production statistics are essential for understanding long-term changes in small pelagic fisheries, but annual data are often underused because of limited data literacy and interpretation skills. This community service activity aimed to strengthen fisheries data literacy among Marine Science students through the analysis of fringescale sardine (*Sardinella fimbriata*) production in Lamongan Regency, Indonesia, from 1990 to 2024. Six students of the Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, participated in an educational-participatory program combining data introduction, Microsoft Excel processing, time-series visualization, calculation exercises, guided interpretation, and critical discussion. A transparent dataset of 35 annual observations was analyzed using total and mean production, minimum and maximum values, absolute and relative annual changes, interperiod comparison, and Compound Annual Growth Rate (CAGR). Total production reached 191,156.2 tons, with an annual mean of 5,461.61 tons and an overall CAGR of 1.87% per year. The lowest production was 248.5 tons in 2009, while the highest was 24,676.8 tons in 2016. The largest increase occurred in 2015–2016, reaching 21,567.8 tons or 693.72%, whereas the largest decline occurred in 2022–2023, reaching 9,544.1 tons or 53.84%. Descriptive observation of participant outputs showed that they could read production trends, distinguish absolute and relative changes, compare interperiod averages and CAGR, and explain why production data cannot be directly interpreted as fish stock abundance. Transparent long-term fisheries data therefore provide a contextual medium for critical, systematic, and reproducible fisheries data literacy.*

Keywords: *Small Pelagic Fisheries, Fisheries Production Statistics, Annual Production Trends, Data Interpretation, Compound Annual Growth Rate.*

Abstrak

Statistik produksi perikanan penting untuk memahami perubahan jangka panjang perikanan pelagis kecil, tetapi data tahunan sering belum dimanfaatkan secara optimal karena keterbatasan literasi dan



kemampuan interpretasi data. Kegiatan pengabdian ini bertujuan memperkuat literasi data perikanan mahasiswa melalui analisis produksi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) di Kabupaten Lamongan, Indonesia, tahun 1990–2024. Kegiatan melibatkan enam mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, dengan pendekatan edukatif-partisipatif melalui pengenalan data, pengolahan menggunakan Microsoft Excel, visualisasi deret waktu, latihan perhitungan, interpretasi terbimbing, dan diskusi kritis. Dataset transparan yang terdiri atas 35 observasi tahunan dianalisis menggunakan total dan rata-rata produksi, nilai minimum dan maksimum, perubahan absolut dan relatif antartahun, perbandingan antarperiode, serta *Compound Annual Growth Rate* (CAGR). Total produksi mencapai 191.156,2 ton dengan rata-rata 5.461,61 ton per tahun dan CAGR keseluruhan 1,87% per tahun. Produksi terendah sebesar 248,5 ton terjadi pada 2009, sedangkan produksi tertinggi mencapai 24.676,8 ton pada 2016. Kenaikan terbesar terjadi pada 2015–2016 sebesar 21.567,8 ton atau 693,72%, sementara penurunan terbesar terjadi pada 2022–2023 sebesar 9.544,1 ton atau 53,84%. Pengamatan deskriptif terhadap luaran pembelajaran menunjukkan bahwa peserta mampu membaca tren produksi, membedakan perubahan absolut dan relatif, membandingkan rata-rata antarperiode dan CAGR, serta menjelaskan bahwa data produksi tidak dapat langsung diartikan sebagai kelimpahan stok ikan. Data perikanan jangka panjang yang transparan dapat digunakan sebagai media pembelajaran kontekstual untuk memperkuat literasi data perikanan yang kritis, sistematis, dan dapat direplikasi.

Kata Kunci: Perikanan Pelagis Kecil, Statistik Produksi Perikanan, Tren Produksi Tahunan, Interpretasi Data, Laju Pertumbuhan Majemuk.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu wilayah pesisir penting di Jawa Timur dengan aktivitas perikanan tangkap yang berkembang di Kecamatan Brondong dan Paciran. Kedua wilayah tersebut didukung oleh pusat pendaratan, pelelangan, pemasaran, dan pengolahan hasil perikanan, antara lain Pangkalan Pendaratan Ikan dan Tempat Pelelangan Ikan Lohgung, Labuhan, Brondong, Kranji, dan Weru. Produksi perikanan tangkap laut Kabupaten Lamongan pada 2024 tercatat sebesar 79.935,94 ton, yang menunjukkan besarnya peran sektor perikanan bagi kegiatan ekonomi wilayah pesisir. Dalam konteks tersebut, statistik produksi perikanan tidak seharusnya hanya menjadi catatan administratif, tetapi perlu diolah menjadi informasi yang dapat digunakan untuk pembelajaran, pemantauan, evaluasi, dan pengembangan pengelolaan perikanan. Pengelolaan data produksi secara sistematis juga diperlukan agar informasi hasil tangkapan dapat ditelusuri dan dimanfaatkan secara lebih efektif (Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan, 2025; Kudrati & Isdianto, 2024).

Salah satu komoditas perikanan pelagis kecil yang tercatat dalam statistik produksi Kabupaten Lamongan adalah ikan tembang (*Sardinella fimbriata*). Ikan tembang hidup bergerombol dan menjadi bagian dari hasil tangkapan perikanan pelagis kecil di Laut Jawa. Analisis data logbook penangkapan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 712 menunjukkan bahwa ikan tembang ditemukan dalam komposisi hasil tangkapan armada pukat cincin dan memiliki peran dalam pemanfaatan sumber daya ikan pelagis kecil (Patmiarsih et al., 2023). Data produksi yang dipisahkan berdasarkan jenis ikan dapat memberikan informasi yang lebih spesifik mengenai volume dan komposisi hasil tangkapan yang didaratkan (Ariefandi & Isdianto, 2023). Ikan tembang juga telah dikaji berdasarkan pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen, dan tingkat eksploitasi sebagai dasar pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan (Bintoro et al., 2019).

Produksi ikan tembang dapat mengalami kenaikan dan penurunan karena kegiatan penangkapan berlangsung dalam kondisi lingkungan dan operasional yang berubah. Variabilitas suhu permukaan laut, klorofil-a, arus, monsun, dan musim penangkapan dapat berkaitan dengan distribusi ikan dan produktivitas perikanan di Laut Jawa serta perairan Lamongan (Isdianto et al., 2020; Yuliardi et al., 2026). Selain kondisi oseanografi, produksi yang tercatat dapat dipengaruhi oleh jumlah dan kapasitas armada, intensitas upaya penangkapan, jenis alat tangkap, daerah operasi, lokasi pendaratan, permintaan pasar, dan konsistensi sistem pencatatan. Oleh karena itu, perubahan produksi tahunan perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara ketersediaan sumber daya, kondisi lingkungan, aktivitas penangkapan,



dan proses pendataan. Peningkatan produksi pada suatu tahun tidak dapat langsung diartikan sebagai peningkatan kelimpahan atau perbaikan status stok ikan.

Rangkaian data produksi jangka panjang sering kali hanya dibaca sebagai kumpulan angka tahunan tanpa interpretasi yang memadai. Literasi data tidak terbatas pada kemampuan memasukkan angka ke dalam perangkat lunak atau menjalankan rumus, tetapi mencakup kemampuan membaca, mengolah, memvisualisasikan, menafsirkan, mengevaluasi, dan mengomunikasikan informasi secara bertanggung jawab (Mandinach & Gummer, 2016; Wolff et al., 2016). Dalam analisis statistik produksi perikanan, mahasiswa perlu membedakan tingkat produksi pada suatu tahun, perubahan absolut dan relatif antartahun, nilai minimum dan maksimum, rata-rata antarperiode, serta *Compound Annual Growth Rate* (CAGR). CAGR menunjukkan arah pertumbuhan majemuk antara nilai awal dan akhir periode, tetapi tidak menggambarkan seluruh fluktuasi yang terjadi di antara kedua titik tersebut (Mir et al., 2022). Kesalahan memahami fungsi setiap indikator dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak sesuai dengan karakter data.

Tantangan tersebut menunjukkan perlunya kegiatan penguatan literasi data perikanan yang memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa. Kegiatan pengabdian ini dirancang sebagai pendampingan kelompok kecil secara intensif kepada enam mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Jumlah peserta yang terbatas memungkinkan setiap mahasiswa terlibat dalam pemeriksaan data, pengolahan menggunakan Microsoft Excel, penyusunan grafik deret waktu, perhitungan indikator, penyampaian interpretasi, dan diskusi kritis. Pembelajaran aktif memberikan kesempatan kepada peserta untuk menguji hasil, menemukan kesalahan, dan memperbaiki pemahamannya melalui umpan balik langsung (Freeman et al., 2014). Pendekatan edukatif-partisipatif yang menggabungkan penyampaian materi, praktik, diskusi, dan pendampingan juga dapat memperkuat keterlibatan peserta dalam proses peningkatan kapasitas (Luthfi et al., 2026).

Nilai tambah kegiatan ini terletak pada pemanfaatan seri data produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan selama 35 tahun, yaitu 1990–2024, secara lengkap dan transparan sebagai media pembelajaran literasi data. Sebanyak 35 observasi tahunan digunakan untuk mempelajari pemeriksaan struktur data, visualisasi tren produksi tahunan, total dan rata-rata produksi, nilai minimum dan maksimum, perubahan absolut dan relatif, perbandingan antarperiode, serta CAGR. Berbeda dari pembelajaran yang hanya menggunakan contoh data terbatas, seluruh nilai produksi tahunan dan hasil perhitungan disajikan agar dapat diperiksa kembali, direplikasi, dan digunakan sebagai data pembandingan. Penyajian tersebut mendukung keterlacakan dan penggunaan kembali data sebagaimana ditekankan dalam prinsip pengelolaan data ilmiah yang transparan (Wilkinson et al., 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, kegiatan ini bertujuan memperkuat literasi data mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya melalui pengolahan, visualisasi, perhitungan, dan interpretasi data produksi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024. Kegiatan diarahkan agar peserta mampu membaca tren produksi tahunan, membedakan perubahan absolut dan relatif, membandingkan rata-rata dan CAGR antarperiode, serta memahami keterbatasan data produksi sebagai indikator kelimpahan atau status stok ikan. Penyajian seri data secara lengkap juga diharapkan mendukung pemanfaatan data produksi ikan tembang sebagai bahan pembelajaran dan pembandingan dalam kajian perikanan pelagis kecil berikutnya.

2. METODE PENGABDIAN

Lokasi, Waktu, dan Peserta Kegiatan

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Kota Malang, pada 8–9 Juli 2026 selama 16 jam. Peserta kegiatan terdiri atas enam mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Kabupaten Lamongan merupakan wilayah asal data produksi ikan tembang yang digunakan sebagai media pembelajaran, sedangkan seluruh rangkaian pendampingan dilaksanakan di Universitas Brawijaya.

Kegiatan dilaksanakan melalui pendampingan kelompok kecil secara intensif. Model ini memberikan kesempatan kepada setiap peserta untuk memeriksa data, melakukan perhitungan,



membuat grafik, menyampaikan interpretasi, dan memperoleh koreksi langsung terhadap kesalahan pengolahan maupun penafsiran data.

Pendekatan dan Tahapan Kegiatan

Kegiatan menggunakan pendekatan edukatif-partisipatif yang menempatkan mahasiswa sebagai peserta aktif. Pendampingan dilaksanakan melalui pengenalan data, demonstrasi pengolahan, latihan menggunakan Microsoft Excel, pembacaan grafik deret waktu, interpretasi terbimbing, dan diskusi kritis. Pendekatan berbasis praktik dan pendampingan digunakan agar peserta memperoleh pengalaman langsung dalam mengolah dan menafsirkan informasi perikanan (Luthfi et al., 2026). Tahapan kegiatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan penguatan literasi data

Tahap	Kegiatan dan aktivitas peserta	Luaran kegiatan
1	Mengenali sumber, tahun, satuan, struktur data, serta perbedaan produksi dan kelimpahan stok	Pemahaman struktur dan keterbatasan data
2	Memeriksa urutan tahun, kelengkapan nilai, keseragaman satuan, dan susunan lembar kerja	Data tersusun secara sistematis
3	Menghitung total, rata-rata, minimum, maksimum, perubahan tahunan, dan CAGR menggunakan Microsoft Excel	Hasil perhitungan setiap indikator
4	Membuat dan membaca grafik deret waktu serta mengenali pola kenaikan, penurunan, dan perubahan ekstrem	Grafik deret waktu dan identifikasi pola
5	Membandingkan tingkat produksi, perubahan tahunan, rata-rata, dan CAGR antarperiode	Interpretasi setiap indikator
6	Mendiskusikan pengaruh lingkungan, aktivitas penangkapan, lokasi pendaratan, dan sistem pencatatan	Pemahaman mengenai keterbatasan interpretasi

Pemahaman peserta diamati secara deskriptif berdasarkan ketepatan lembar kerja, hasil visualisasi, dan kemampuan menjelaskan hasil analisis dalam diskusi. Indikator pengamatan meliputi kemampuan memeriksa kelengkapan data, membaca grafik, menentukan produksi minimum dan maksimum, mengenali perubahan antartahun, membandingkan rata-rata dan CAGR antarperiode, serta menjelaskan keterbatasan data produksi sebagai indikator kelimpahan atau status stok ikan. Kegiatan tidak menggunakan *pretest-posttest* sehingga capaian peserta disajikan sebagai hasil pengamatan terhadap proses dan luaran pendampingan.

Sumber dan Transparansi Data

Materi kegiatan menggunakan data sekunder produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024 yang diperoleh dari *Laporan Statistik Perikanan Jawa Timur 2025*. Data terdiri atas 35 observasi tahunan dalam satuan ton. Pemeriksaan awal dilakukan terhadap urutan tahun, keseragaman satuan, dan kelengkapan nilai. Seluruh tahun 1990–2024 memiliki nilai produksi sehingga tidak terdapat data kosong. Tidak dilakukan interpolasi, estimasi nilai hilang, transformasi, maupun penghapusan nilai ekstrem. Seluruh nilai dipertahankan sesuai sumber dan disajikan secara lengkap pada bagian Hasil dan Pembahasan.

Data dikelompokkan secara kronologis menjadi Periode I (1990–2001; 12 observasi dan 11 interval), Periode II (2002–2013; 12 observasi dan 11 interval), serta Periode III (2014–2024; 11 observasi dan 10 interval). Keseluruhan data 1990–2024 terdiri atas 35 observasi dan 34 interval. Pengelompokan hanya digunakan untuk memudahkan pembelajaran dan bukan sebagai pembagian periode biologis, oseanografis, kebijakan, ataupun sistem pencatatan.



Pengolahan dan Analisis Data

Data diolah menggunakan Microsoft Excel untuk memperoleh total produksi, rata-rata tahunan, produksi minimum dan maksimum, perubahan absolut, perubahan relatif, serta *Compound Annual Growth Rate* (CAGR). Total produksi diperoleh dengan menjumlahkan produksi tahunan, sedangkan rata-rata dihitung dengan membagi total produksi dengan jumlah observasi.

Perubahan absolut dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$$

Perubahan relatif dihitung menggunakan Persamaan (2):

$$R_t = \left(\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) \times 100\%$$

CAGR dihitung menggunakan Persamaan (3):

$$CAGR = \left[\left(\frac{P_{akhir}}{P_{awal}} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \times 100\%$$

Pada persamaan tersebut, P_t merupakan produksi pada tahun berjalan, P_{t-1} merupakan produksi tahun sebelumnya, dan m merupakan jumlah interval tahun. CAGR digunakan untuk menunjukkan arah perubahan majemuk antara produksi awal dan akhir periode, tetapi tidak menggambarkan seluruh fluktuasi tahunan di dalam periode tersebut (Mir et al., 2022).

Ketersediaan Data

Seluruh data produksi tahunan dan hasil perhitungan disajikan dalam artikel agar dapat diperiksa, direplikasi, dan digunakan sebagai data pembandingan dalam penelitian berikutnya. Penyajian tersebut memungkinkan pembaca menelusuri hubungan antara data dasar, prosedur pengolahan, dan hasil analisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan penguatan literasi data

Kegiatan penguatan literasi data dilaksanakan pada 8–9 Juli 2026 selama 16 jam dengan melibatkan enam mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pendampingan dilakukan dalam kelompok kecil melalui enam tahapan, yaitu pengenalan data, pemeriksaan dan penyusunan lembar kerja, pengolahan menggunakan Microsoft Excel, pembuatan serta pembacaan grafik, interpretasi terbimbing, dan diskusi kritis. Jumlah peserta yang terbatas memungkinkan setiap mahasiswa terlibat langsung dalam pemeriksaan data, perhitungan indikator, penyusunan grafik, dan penyampaian hasil interpretasi.

Pada tahap awal, peserta diperkenalkan pada struktur data yang terdiri atas tahun pengamatan dan produksi ikan tembang dalam satuan ton. Peserta kemudian memeriksa urutan tahun, kelengkapan nilai, keseragaman satuan, dan kemungkinan kesalahan penyalinan sebelum melakukan pengolahan. Penjelasan juga menekankan perbedaan antara nilai produksi tahunan, perubahan produksi antartahun, dan kelimpahan stok ikan. Pemeriksaan tersebut diperlukan karena kemampuan menggunakan data tidak hanya ditentukan oleh penguasaan perangkat lunak, tetapi juga oleh kemampuan menilai kualitas, konteks, dan keterbatasan data.

Keterlibatan peserta dalam latihan pengolahan, pembuatan grafik, pemecahan masalah, dan diskusi menjadikan kegiatan tidak berhenti pada penyampaian materi satu arah. Pembelajaran aktif memberikan kesempatan kepada peserta untuk menguji hasil, menemukan kesalahan, dan memperbaiki interpretasi melalui umpan balik langsung. Pendekatan tersebut dapat mendukung pemahaman mahasiswa dalam pembelajaran bidang sains dibandingkan pembelajaran yang sepenuhnya berbasis ceramah (Freeman et al., 2014). Literasi data juga mencakup kemampuan membaca, mengolah, menafsirkan, mengevaluasi, dan mengomunikasikan informasi secara bertanggung jawab (Mandinach & Gummer, 2016; Wolff et al., 2016).



Gambar 1. Pelaksanaan pendampingan pengolahan dan interpretasi data produksi ikan tembang bersama mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Capaian penguatan literasi data peserta

Capaian literasi data diamati secara deskriptif berdasarkan keterlibatan peserta, ketepatan lembar kerja Microsoft Excel, hasil visualisasi, dan kemampuan menjelaskan hasil analisis dalam diskusi. Keenam peserta mengikuti seluruh proses pemeriksaan data, perhitungan indikator, penyusunan grafik, dan interpretasi hasil. Luaran kegiatan menunjukkan bahwa peserta dapat menyusun seri produksi ikan tembang yang terdiri atas 35 observasi tahunan tanpa nilai kosong, membuat grafik deret waktu, serta menghitung total, rata-rata, nilai minimum dan maksimum, perubahan antartahun, dan CAGR.

Tabel 2. Capaian penguatan literasi data peserta berdasarkan luaran kegiatan

Indikator literasi data	Bukti capaian kegiatan	Hasil pengamatan
Memeriksa struktur dan kelengkapan data	Peserta menyusun data tahun 1990–2024 secara berurutan dan memastikan seluruh 35 observasi memiliki nilai produksi	Tercapai
Membaca dan memvisualisasikan data	Peserta menghasilkan grafik deret waktu serta mengenali fase penurunan, kenaikan, lonjakan, dan fluktuasi produksi	Tercapai
Menentukan nilai minimum dan maksimum	Peserta mengidentifikasi produksi minimum sebesar 248,5 ton pada 2009 dan maksimum sebesar 24.676,8 ton pada 2016	Tercapai
Menginterpretasikan perubahan antartahun	Peserta membedakan kenaikan absolut dan relatif pada 2015–2016 serta penurunan pada 2022–2023	Tercapai
Membandingkan rata-rata dan CAGR antarperiode	Peserta mengenali bahwa periode dengan CAGR tertinggi tidak selalu mempunyai rata-rata produksi tertinggi	Tercapai setelah interpretasi terbimbing
Menjelaskan keterbatasan data produksi	Peserta memahami bahwa produksi tercatat tidak dapat langsung digunakan sebagai indikator kelimpahan atau status stok ikan	Tercapai setelah diskusi kritis

Indikator yang bersifat langsung, seperti membaca nilai pada tabel, menentukan tahun produksi minimum dan maksimum, serta mengenali arah perubahan grafik, relatif lebih mudah dipahami. Peserta dapat menghubungkan nilai produksi dengan tahun kejadiannya dan membedakan tingkat produksi suatu tahun dari besarnya perubahan dibandingkan tahun sebelumnya. Contoh kenaikan produksi pada



2015–2016 dan penurunan pada 2022–2023 membantu peserta memahami perbedaan antara perubahan absolut dalam satuan ton dan perubahan relatif dalam persentase.

Interpretasi rata-rata produksi dan CAGR memerlukan pendampingan lebih mendalam. Periode 2002–2013 mempunyai rata-rata produksi terendah, tetapi CAGR tertinggi, sedangkan periode 2014–2024 mempunyai rata-rata produksi tertinggi dengan CAGR yang lebih rendah. Perbandingan tersebut membantu peserta memahami bahwa rata-rata menggambarkan tingkat produksi umum selama suatu periode, sedangkan CAGR menunjukkan arah pertumbuhan majemuk antara nilai awal dan akhir. Kedua indikator tidak dapat dipertukarkan atau digunakan tanpa mempertimbangkan keseluruhan pola deret waktu.

Diskusi kritis juga menghasilkan pemahaman bahwa produksi yang tercatat tidak identik dengan kelimpahan stok ikan. Peserta diarahkan mempertimbangkan pengaruh upaya penangkapan, jumlah dan kapasitas armada, alat tangkap, musim, daerah operasi, lokasi pendaratan, dan sistem pencatatan. Pemahaman tersebut penting agar lonjakan produksi pada 2016 tidak langsung disimpulkan sebagai peningkatan stok ikan. Penilaian kondisi stok memerlukan data tambahan seperti CPUE, struktur ukuran, pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen, dan tingkat eksploitasi.

Secara keseluruhan, pendekatan berbasis praktik dan interpretasi terbimbing membantu peserta membaca, mengolah, memvisualisasikan, dan menjelaskan data produksi perikanan. Capaian tersebut sesuai dengan konsep literasi data yang tidak hanya menekankan kemampuan menghasilkan angka, tetapi juga kemampuan memahami konteks, keterbatasan, dan ketepatan kesimpulan yang disusun dari data (Mandinach & Gummer, 2016; Wolff et al., 2016). Karena kegiatan tidak menggunakan instrumen *pretest–posttest*, hasil ini dibatasi sebagai capaian deskriptif berdasarkan proses dan luaran pendampingan, bukan sebagai peningkatan kemampuan yang diuji secara statistik.

Penyajian transparan data produksi 1990–2024

Materi kegiatan menggunakan 35 observasi produksi tahunan ikan tembang Kabupaten Lamongan selama 1990–2024. Seluruh data dasar disajikan pada Tabel 3 agar peserta dan pembaca dapat menelusuri hubungan antara nilai awal, proses perhitungan, dan hasil analisis. Penyajian seri data secara lengkap juga mencegah interpretasi yang hanya didasarkan pada beberapa tahun tertentu.

Tabel 3. Data produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024

Tahun	Produksi (ton)	Tahun	Produksi (ton)	Tahun	Produksi (ton)	Tahun	Produksi (ton)
1990	3.516,70	1999	679,7	2008	747,2	2017	15.362,20
1991	3.815,20	2000	1.352,60	2009	248,5	2018	18.855,40
1992	3.804,60	2001	924,5	2010	831,5	2019	12.670,10
1993	3.605,10	2002	966,3	2011	580,2	2020	11.401,50
1994	4.547,10	2003	954,5	2012	1.980,20	2021	15.750,00
1995	4.388,60	2004	1.233,50	2013	2.877,40	2022	17.725,90
1996	2.065,20	2005	2.795,90	2014	5.375,20	2023	8.181,80
1997	862,9	2006	6.019,30	2015	3.109,00	2024	6.593,00
1998	2.105,70	2007	552,9	2016	24.676,80		

Penyajian seluruh observasi memungkinkan pemeriksaan ulang terhadap nilai ekstrem, total, rata-rata, perubahan antartahun, dan CAGR. Praktik tersebut sejalan dengan prinsip FAIR yang menekankan agar data dapat ditemukan, diakses, diintegrasikan, dan digunakan kembali dengan tetap menyertakan metadata dan informasi asal data (Wilkinson et al., 2016). Transparansi tidak hanya dilakukan dengan menampilkan angka, tetapi juga dengan mencantumkan lembaga penerbit, judul laporan, tahun publikasi, satuan, nomor tabel atau halaman sumber, serta prosedur pengolahan.

Dinamika produksi ikan tembang

Grafik deret waktu menunjukkan bahwa produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan mengalami fluktuasi yang lebar dan tidak membentuk peningkatan secara linear. Pada 1990–1995, produksi berada pada kisaran sekitar 3.500–4.500 ton per tahun. Produksi kemudian menurun setelah 1995 dan berada di bawah 1.000 ton pada beberapa tahun. Nilai terendah tercatat sebesar 248,5 ton pada 2009. Setelah 2011, produksi kembali meningkat hingga mencapai 5.375,2 ton pada 2014.



Perubahan paling menonjol terjadi pada 2016 ketika produksi meningkat menjadi 24.676,8 ton. Setelah mencapai nilai tertinggi tersebut, produksi tetap berada pada tingkat relatif tinggi tetapi terus berfluktuasi. Produksi tercatat sebesar 15.362,2 ton pada 2017, meningkat menjadi 18.855,4 ton pada 2018, kemudian menurun menjadi 12.670,1 ton pada 2019 dan 11.401,5 ton pada 2020. Produksi kembali meningkat pada 2021–2022 sebelum menurun menjadi 8.181,8 ton pada 2023 dan 6.593,0 ton pada 2024.



Gambar 2. Dinamika prodksi ikan tembang Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024

Grafik digunakan untuk membantu peserta mengenali fase produksi yang relatif stabil, penurunan, produksi rendah, pemulihan, lonjakan, dan pelemahan kembali. Visualisasi tersebut menunjukkan bahwa perubahan pada satu tahun tidak dapat digunakan untuk menggambarkan kecenderungan seluruh periode. Seri data jangka panjang perlu dibaca sebagai satu kesatuan agar perubahan ekstrem ditempatkan dalam konteks yang tepat.

Fluktuasi hasil tangkapan juga ditemukan pada perikanan sardina di Jawa Timur. Pet et al. (1997b) menunjukkan bahwa hasil tangkapan sardina dapat berbeda antara musim puncak dan musim rendah, sementara operasi pukat cincin dipengaruhi oleh waktu dan strategi penangkapan. Kajian di Prigi juga memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah unit dan perjalanan penangkapan tidak selalu diikuti peningkatan produksi yang sebanding karena produksi dan laju tangkap dapat berfluktuasi secara tahunan maupun musiman (Suwarso et al., 2014).

Ikan sardina tropis mempunyai respons yang berbeda terhadap kondisi lingkungan lokal. Suhu perairan dan ketersediaan makanan dapat berkaitan dengan distribusi serta rekrutmen, tetapi kekuatan responsnya dapat berbeda antarspesies dan wilayah (Hunnam, 2021). Produktivitas perikanan di Lamongan juga dilaporkan berkaitan dengan variabilitas oseanografi dan musim (Yuliardi et al., 2026). Namun, dataset kegiatan ini tidak memuat data oseanografi dan upaya penangkapan sehingga tidak dapat digunakan untuk menguji penyebab lonjakan atau penurunan produksi pada tahun tertentu.

Ringkasan statistik dan perubahan produksi ekstrem

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa total produksi ikan tembang selama 1990–2024 mencapai 191.156,2 ton dengan rata-rata sebesar 5.461,61 ton per tahun. Produksi minimum sebesar 248,5 ton terjadi pada 2009, sedangkan produksi maksimum mencapai 24.676,8 ton pada 2016. Ringkasan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan statistik produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024

Indikator	Hasil
Jumlah observasi	35 tahun
Total produksi	191.156,2 ton
Rata-rata produksi	5.461,61 ton per tahun
Produksi minimum	248,5 ton pada 2009
Produksi maksimum	24.676,8 ton pada 2016
Kenaikan terbesar	21.567,8 ton atau 693,72% pada 2015–2016
Penurunan terbesar	–9.544,1 ton atau –53,84% pada 2022–2023
CAGR keseluruhan	1,87% per tahun

Kenaikan terbesar terjadi dari 2015 menuju 2016. Produksi meningkat dari 3.109,0 ton menjadi 24.676,8 ton, sehingga kenaikan absolutnya mencapai 21.567,8 ton atau 693,72%. Contoh tersebut



digunakan untuk menjelaskan bahwa 24.676,8 ton merupakan tingkat produksi pada 2016, sedangkan 21.567,8 ton merupakan selisih produksi dibandingkan 2015. Persentase kenaikan yang sangat tinggi juga dipengaruhi oleh produksi tahun sebelumnya yang relatif rendah.

Penurunan terbesar terjadi dari 2022 menuju 2023. Produksi menurun dari 17.725,9 ton menjadi 8.181,8 ton atau berkurang sebesar 9.544,1 ton dan 53,84%. Kedua contoh tersebut membantu peserta membedakan perubahan absolut dan perubahan relatif. Perubahan absolut menunjukkan jumlah produksi yang bertambah atau berkurang dalam satuan ton, sedangkan perubahan relatif menunjukkan besarnya perubahan dibandingkan nilai tahun sebelumnya.

Perubahan absolut dan relatif perlu dibaca secara bersamaan. Persentase perubahan yang tinggi belum tentu diikuti volume perubahan terbesar apabila nilai dasarnya kecil. Sebaliknya, perubahan absolut yang besar dapat menghasilkan persentase lebih rendah apabila produksi tahun sebelumnya juga tinggi. Kemampuan membedakan bentuk penyajian tersebut menjadi bagian penting dari literasi data karena pemilihan indikator dapat memengaruhi interpretasi (Wolff et al., 2016).

Perbandingan produksi antarperiode

Pembagian data menjadi tiga periode digunakan sebagai media pembelajaran untuk membedakan tingkat produksi rata-rata dan arah pertumbuhan jangka panjang. Hasil perhitungan setiap periode disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan antarperiode

Period e	Produk s i awal (ton)	Produk s i akhir (ton)	Total produksi (ton)	Rata-rata (ton/tahun)	CAGR (%/tah un)	Minimu m (tahun)	Maksimu m (tahun)
1990–2001	3.516,70	924,50	31.667,90	2.638,99	–11,44	679,70 (1999)	4.547,10 (1994)
2002–2013	966,30	2.877,40	19.787,40	1.648,95	10,43	248,50 (2009)	6.019,30 (2006)
2014–2024	5.375,20	6.593,00	139.700,90	12.700,08	2,06	3.109,00 (2015)	24.676,80 (2016)
1990–2024	3.516,70	6.593,00	191.156,20	5.461,61	1,87	248,50 (2009)	24.676,80 (2016)

Periode 1990–2001 memiliki rata-rata produksi sebesar 2.638,99 ton per tahun dan CAGR negatif sebesar –11,44% per tahun. Nilai negatif terbentuk karena produksi menurun dari 3.516,7 ton pada 1990 menjadi 924,5 ton pada 2001. Meskipun terdapat beberapa kenaikan di dalam periode tersebut, produksi pada akhir periode tetap lebih rendah daripada produksi awal.

Periode 2002–2013 mempunyai rata-rata produksi terendah, yaitu 1.648,95 ton per tahun, tetapi menghasilkan CAGR tertinggi sebesar 10,43% per tahun. Kondisi tersebut terjadi karena produksi meningkat dari 966,3 ton pada 2002 menjadi 2.877,4 ton pada 2013. Hasil tersebut menunjukkan bahwa CAGR yang tinggi tidak selalu berarti suatu periode mempunyai rata-rata produksi yang tinggi.

Periode 2014–2024 mempunyai rata-rata produksi tertinggi sebesar 12.700,08 ton per tahun. Total produksinya mencapai 139.700,9 ton atau sekitar 73,08% dari keseluruhan produksi selama 35 tahun. Namun, CAGR periode tersebut hanya sebesar 2,06% per tahun karena produksi pada 2024 tidak jauh lebih tinggi dibandingkan produksi pada 2014. Tingginya rata-rata terutama dipengaruhi oleh lonjakan produksi pada 2016 dan tingginya produksi selama 2017–2022.

CAGR keseluruhan sebesar 1,87% per tahun menunjukkan bahwa produksi pada 2024 lebih tinggi dibandingkan produksi pada 1990. Nilai positif tersebut tidak berarti bahwa produksi meningkat secara konsisten setiap tahun. CAGR hanya menghubungkan nilai awal dan akhir melalui pertumbuhan majemuk, sedangkan penurunan, pemulihan, dan perubahan ekstrem di antara kedua titik tidak tergambarkan secara langsung (Mir et al., 2022).

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa total, rata-rata, perubahan tahunan, dan CAGR menjawab pertanyaan yang berbeda. Total menggambarkan akumulasi produksi, rata-rata menunjukkan tingkat produksi umum, perubahan antartahun menggambarkan dinamika jangka pendek, sedangkan



CAGR menunjukkan arah perubahan antara awal dan akhir periode. Penggunaan satu indikator saja berpotensi menghasilkan interpretasi yang tidak lengkap.

Interpretasi kritis dan keterbatasan data

Produksi tahunan tidak dapat digunakan secara langsung sebagai indikator kelimpahan atau status stok ikan. Produksi merupakan hasil interaksi antara ketersediaan ikan, upaya penangkapan, kemampuan tangkap armada, alat tangkap, daerah operasi, musim, lokasi pendaratan, permintaan pasar, dan sistem pencatatan. Perubahan salah satu faktor tersebut dapat menyebabkan produksi meningkat atau menurun tanpa perubahan stok yang sebanding.

Bahkan *catch per unit effort* atau CPUE, yang lebih sering digunakan sebagai indeks kelimpahan relatif, perlu distandardisasi karena dipengaruhi oleh teknologi, wilayah operasi, musim, karakteristik kapal, dan strategi penangkapan (Maunder & Punt, 2004). Penyusunan indeks kelimpahan dari data tangkapan dan upaya juga memerlukan pemilihan model, variabel penjelas, penanganan nilai ekstrem, serta pemeriksaan kemungkinan bias (Campbell, 2015).

Kajian dinamika populasi ikan tembang memerlukan data tambahan berupa struktur ukuran, pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen, tingkat eksploitasi, dan identifikasi unit stok. Pendekatan berbasis panjang telah digunakan untuk menilai pertumbuhan, mortalitas, reproduksi, dan kemungkinan struktur stok *Sardinella fimbriata* di Jawa Timur (Pet et al., 1997a; Bintoro et al., 2019). Oleh karena itu, hasil kegiatan ini dibatasi sebagai analisis dinamika produksi yang tercatat dan bukan sebagai penilaian kondisi biologis atau status pemanfaatan stok ikan tembang.

Lonjakan produksi pada 2016 juga tidak dapat langsung dinyatakan sebagai bukti meningkatnya kelimpahan ikan. Lonjakan tersebut dapat berkaitan dengan kondisi lingkungan, kegiatan armada, perubahan lokasi pendaratan, peningkatan upaya penangkapan, perubahan sistem pencatatan, atau faktor lain yang tidak tersedia dalam dataset. Interpretasi penyebab memerlukan integrasi data produksi dengan data trip, jumlah kapal, alat tangkap, CPUE, musim, lokasi penangkapan, dan variabel oseanografi.

Implikasi dan potensi penggunaan ulang data

Penyajian data produksi selama 35 tahun secara lengkap memberikan manfaat bagi kegiatan pembelajaran dan kajian perikanan. Bagi peserta, data dapat digunakan untuk mempelajari pengolahan deret waktu, statistik deskriptif, perubahan tahunan, visualisasi, dan interpretasi kritis. Bagi peneliti lain, data dapat digunakan sebagai pembandingan awal dalam kajian perikanan pelagis kecil, perubahan produksi jangka panjang, perbandingan antarkomoditas, atau penyusunan hipotesis penelitian lanjutan.

Penggunaan ulang data harus tetap mempertahankan identitas sumber, satuan, cakupan waktu, definisi produksi, prosedur pengolahan, dan keterbatasannya. Data juga dapat disediakan dalam format yang mudah digunakan kembali, seperti XLSX atau CSV, disertai keterangan variabel dan rumus perhitungan. Praktik tersebut mendukung transparansi, keterlacakan, dan reproduksibilitas analisis sebagaimana ditekankan dalam prinsip FAIR (Wilkinson et al., 2016).

Pengembangan berikutnya dapat dilakukan dengan mengintegrasikan produksi tahunan dengan jumlah trip, jenis alat tangkap, ukuran armada, CPUE, musim, daerah penangkapan, suhu permukaan laut, klorofil-a, dan arus. Integrasi tersebut akan memberikan dasar yang lebih kuat untuk membedakan perubahan produksi yang berkaitan dengan kondisi sumber daya, variasi lingkungan, aktivitas penangkapan, atau perubahan sistem pendataan.

Secara keseluruhan, seri data produksi ikan tembang Kabupaten Lamongan dapat digunakan sebagai media penguatan literasi data yang kontekstual. Peserta tidak hanya diarahkan menghasilkan angka dan grafik, tetapi juga memahami fungsi setiap indikator, menilai keterbatasan data, dan membatasi kesimpulan sesuai informasi yang tersedia. Pendekatan tersebut diperlukan agar keterampilan teknis pengolahan data disertai kemampuan interpretasi yang kritis dan bertanggung jawab.

4. KESIMPULAN

Kegiatan penguatan literasi data melalui analisis produksi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) Kabupaten Lamongan tahun 1990–2024 memberikan pengalaman pembelajaran kontekstual kepada enam mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Berdasarkan pengamatan



terhadap proses dan luaran pendampingan, peserta dapat memeriksa kelengkapan data, membuat grafik deret waktu, menentukan produksi minimum dan maksimum, membedakan perubahan absolut dan relatif, serta membandingkan rata-rata produksi dan CAGR antarperiode. Interpretasi terbimbing dan diskusi kritis juga membantu peserta memahami bahwa data produksi tidak dapat langsung digunakan sebagai indikator kelimpahan atau status stok ikan.

Analisis terhadap 35 observasi tahunan menghasilkan total produksi sebesar 191.156,2 ton, rata-rata 5.461,61 ton per tahun, dan CAGR keseluruhan sebesar 1,87% per tahun. Produksi terendah tercatat sebesar 248,5 ton pada 2009 dan tertinggi sebesar 24.676,8 ton pada 2016. Kenaikan terbesar terjadi pada 2015–2016 sebesar 21.567,8 ton atau 693,72%, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada 2022–2023 sebesar 9.544,1 ton atau 53,84%. Kelebihan kegiatan ini terletak pada penggunaan seri data jangka panjang yang disajikan secara lengkap dan transparan sehingga dapat diperiksa, direplikasi, dan digunakan sebagai bahan pembandingan. Namun, capaian peserta hanya dievaluasi secara deskriptif tanpa *pretest–posttest*, sedangkan dataset belum mencakup upaya penangkapan, CPUE, karakteristik armada, dan kondisi oseanografi. Pengembangan berikutnya perlu mengintegrasikan variabel tersebut agar interpretasi dinamika produksi dan kondisi sumber daya ikan tembang menjadi lebih kuat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ariefandi, M. F., & Isdianto, A. (2023). Identification of types and production volume of caught fish at Pondokdadap Beach Fishing Port (PPP), Malang Regency. *Journal of Marine and Coastal Science*, 12(3), 88–96. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v12i3.42923>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan. (2025). Analisis isu terkini: Investasi industri pengolahan perikanan sebagai motor penggerak pembangunan ekonomi biru Lamongan menuju Indonesia Emas 2045 (Vol. 1). Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan.
- Bintoro, G., Setyohadi, D., Lelono, T. D., & Maharani, F. (2019). Biology and population dynamics analysis of fringescale sardine (*Sardinella fimbriata*) in Bali Strait waters, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 391(1), 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012024>
- Campbell, R. A. (2015). Constructing stock abundance indices from catch and effort data: Some nuts and bolts. *Fisheries Research*, 161, 109–130. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.07.004>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Hunnam, K. (2021). The biology and ecology of tropical marine sardines and herrings in Indo-West Pacific fisheries: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31, 449–484. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09649-9>
- Isdianto, A., Luthfi, O. M., Haykal, M. F., & Supriyadi. (2020). Sea temperature and current during transitional seasons to support the resilience of coastal ecosystems. *Jurnal Education and Development*, 8(3), 80–85.
- Kudrati, A. V., & Isdianto, A. (2024). Catch production data information system and fish auction at UPT PPP Pondokdadap. *Journal of Marine and Coastal Science*, 13(1), 9–17. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v13i1.42878>
- Luthfi, O. M., Yamindago, A., Dewi, C. S. U., As'adi, M. A., Khurniawan, D., Aliviyanti, D., Yanuar, A. T., A'yun, Q., & Isdianto, A. (2026). Penguatan ekowisata bahari berbasis konservasi melalui pemberdayaan masyarakat di Sidoasri Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian Indonesia*, 2(1), 66–79. <https://doi.org/10.62567/jpi.v2i1.1264>
- Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2016). What does it mean for teachers to be data literate: Laying out the skills, knowledge, and dispositions. *Teaching and Teacher Education*, 60, 366–376. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.07.011>
- Maunder, M. N., & Punt, A. E. (2004). Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70(2–3), 141–159. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.08.002>



- Mir, S. A., Ojha, S. N., Ananthan, P. S., Qureshi, N. W., Argade, S. D., Gul, S., & Thangavel, V. (2022). Assessment of fisheries and management: Insights from Dal Lake, Kashmir. *Indian Journal of Extension Education*, 58(4), 60–65. <https://doi.org/10.48165/IJEE.2022.58413>
- Patmiarsih, S., Juniar, R. D., & Efendi, D. S. (2023). Monitoring small-pelagic fishery utilization in Java Sea based on fishing log book. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 6(1), 49–57. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v6i1.12988>
- Pet, J. S., van Densen, W. L. T., Machiels, M. A. M., Sukkel, M., Setyohadi, D., & Tumuljadi, A. (1997a). Length-based analysis of population dynamics and stock identification in the sardine fisheries around East Java, Indonesia. *Fisheries Research*, 31(1–2), 107–120. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(97\)00006-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00006-4)
- Pet, J. S., van Densen, W. L. T., Machiels, M. A. M., Sukkel, M., Setyohadi, D., & Tumuljadi, A. (1997b). Catch, effort and sampling strategies in the highly variable sardine fisheries around East Java, Indonesia. *Fisheries Research*, 31(1–2), 121–137. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(97\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00007-6)
- Suwarso, Wujdi, A., & Fauzi, M. (2014). Exploitation and catch fluctuation of small pelagic fishes in Prigi waters, south coast of Java. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 20(2), 69–76. <https://doi.org/10.15578/ifrj.20.2.2014.69-76>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J. W., da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., ... Mons, B. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, Article 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Wolff, A., Gooch, D., Cavero Montaner, J. J., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. *The Journal of Community Informatics*, 12(3), 9–26. <https://doi.org/10.15353/joci.v12i3.3275>
- Yuliardi, A. Y., Afyah, N. N., Napitupulu, G., Munandar, B., Haryati, A., Husni, I. A., & Koropitan, A. F. (2026). Oceanographic variability and its association with fisheries productivity in Lamongan, Indonesia. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 42(2), Article 57. <https://doi.org/10.1007/s41208-026-01088-2>