



Pengaruh Jenis Substrat terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup *Glass Eel Anguilla bicolor pacifica*

Effects of Substrate Types on Growth and Survival Rates of Glass Eel Anguilla bicolor pacifica

Fadly Y. Tantu^{1*}, Moh. Fadli¹, Jusri Nilawati¹

¹ Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menentukan tipe substrat yang memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup *glass eel Anguilla bicolor pacifica* dalam skala laboratorium. Penelitian didesain dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan enam ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu perlakuan A (tanpa substrat), B (substrat kerikil), C (substrat pasir), dan D (substrat lumpur), dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak enam kali. Padat tebar *glass eel* 10 ekor/wadah (10L) dengan waktu pemeliharaan selama enam puluh hari. Selama pemeliharaan ikan diberi pakan cacing *Tubifex* sebanyak 20% dari biomasnya. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Data dianalisis ragam (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan substrat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pertumbuhan *glass eel*. Bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan substrat kerikil yaitu sebesar (14,78 g), dan terendah pada perlakuan tanpa substrat (A) yaitu (7,38 g). Kelangsungan hidup pada perlakuan menggunakan substrat (B, C dan D) sebesar 100%, sedangkan pada perlakuan tanpa substrat (A) sebesar 94%.

Kata kunci: *glass eel*, kelangsungan hidup, pertumbuhan, substrat

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the type of substrate that affect the growth and survival of *Anguilla bicolor pacifica* glass eel in a laboratory scale. The study was designed in a completely randomized design (CRD) with four treatments and six replications. Treatments used were A (without substrate), B (gravel substrate), C (sand substrate), and D (mud substrate), and each treatment was repeated six times. The stocking density of glass eels was 10 individuals/container (10 L) with a rearing period of sixty days. During rearing the fish were fed *Tubifex* worms as much as 20% of their biomass. Parameters observed included growth and survival rates. Data were analyzed with variance (ANOVA). The results showed that the use of substrate had a very significant ($p < 0.01$) effect on the growth of glass eels. The highest weight was obtained in the treatment with gravel substrate (14.78 g), and the lowest was in the treatment without substrate (7.38 g). Survival in the treatment using substrate (B, C and D) was 100%, while in the treatment without substrate was 94%.

Keywords: *glass eel*, survival, growth, substrate

*Koresponden:

Fadly Y. Tantu, Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia; fytantuwallacea62@gmail.com

Diterima: 20-03-2023
Disetujui: 17-04-2023
Diterbitkan: 28-04-2023

Kutipan: Tantu, F. Y., Fadli, M., & Nilawati, J. (2023). Pengaruh Jenis Substrat terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup *Glass Eel Anguilla bicolor pacifica*. *Jurnal Ilmiah Agrisains*, 24(1), 48–57. <https://doi.org/10.22487/jagrisains.v24i1.2023.48-57>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi sumber daya perikanan yang melimpah dengan keragaman yang tinggi (Andriyono, 2018; Rizal et al., 2017). Salah satu jenis diantaranya adalah ikan sidat (*Anguilla bicolor pacifica*); ikan ini memiliki nilai ekonomis penting di pasar dunia (Costa-Pierce, 2023; Lee et al., 2003). Walaupun ikan ini memiliki nilai ekonomi tinggi dan nilai gizi yang baik, namun ikan ini belum populer sebagai makanan masyarakat umum di Indonesia (Bachtiar et al., 2013; Haryono dan Wahyudewantoro, 2017). Nilai gizi ikan sidat hasil budidaya memiliki kandungan protein 16,6-17,70%, kandungan lemak 10,85-19,44%, vitamin A 400-1600 mg.100 g⁻¹, dan vitamin E 0,5-5,5 mg. 100 g⁻¹ berat kering (Seo et al., 2013).

Produksi dan konsumsi ikan sidat dunia *Anguilla* spp., pada tahun 1987 berkisar 100.000-110.000 ton/tahun. Sekitar 70-80% produksi dunia untuk kebutuhan konsumen di Jepang (Heinsbroek, 1991; Kuroki et al., 2014). Sisanya yaitu 20-30% dari produksi dunia dikonsumsi di Eropa (Heinsbroek, 1991). Produksi ikan sidat di Jepang dan Taiwan hampir seluruhnya dihasilkan dari kegiatan budidaya. Negara-negara yang mengembangkan budidaya sidat di dunia umumnya mengadopsi teknik budidaya yang diterapkan di Jepang (Liao et al., 2019; Yuan et al., 2022).

Ikan sidat yang ditemukan di pasar lokal bahkan untuk kebutuhan ekspor umumnya berasal dari hasil tangkapan alam (Arai, 2022; Dekker, 2019; Lin dan Tzeng, 2018; Moriarty dan Dekker, 1997; Nielsen dan Prouzet, 2008; Nijman, 2015). Penangkapan dari alam akan menjadi masalah dari sudut pandang konservasi (Dorow dan Arlinghaus, 2012; MacGregor et al., 2009; Okamura et al., 2020). Kegiatan budidaya ikan sidat saat ini masih dalam bentuk pembesaran benih (*glass eel*) yang ditangkap dari alam dan kemudian dipelihara hingga mencapai ukuran kebutuhan pasar (Nielsen dan Prouzet, 2008; Parisi et al., 2014; Tanaka, 2015). Belum ada negara yang berhasil menerapkan teknologi budidaya yang dimulai dari kegiatan reproduksi (Arai, 2014; Hamidoghli et al., 2019; Liao et al., 2002; Parisi et al., 2014). Di alam, *glass eel* peka terhadap intensitas cahaya (Politis et al., 2014). Ikan ini bersifat nokturnal, aktif pada malam hari (Delcourt et al., 2011; Dou dan Tsukamoto, 2003; Piper et al., 2012), dan pada siang hari mereka membenamkan tubuhnya pada substrat di dasar perairan (Matondo et al., 2021), dan berlindung dari paparan cahaya dan predator (Arai et al., 2020; Blake dan Hart, 1995; Cresci, 2020; Jellyman et al., 2009; Laffaille et al., 2007; Rahel dan Stein, 1988; Van Wichelen et al., 2021).

Kajian tentang substrat dalam budidaya pembesaran *glass eel* masih sedikit informasinya. Secara umum penelitian mengenai pertumbuhan dan kelangsungan hidup dalam budidaya terfokus pada faktor kualitas air dan pakan (Okamura et al., 2014; Righton et al., 2021). Studi ini mengkaji penggunaan substrat berbeda dalam wadah budidaya pembesaran benih ikan sidat *Anguilla bicolor pacifica* stadia *glass eel*.

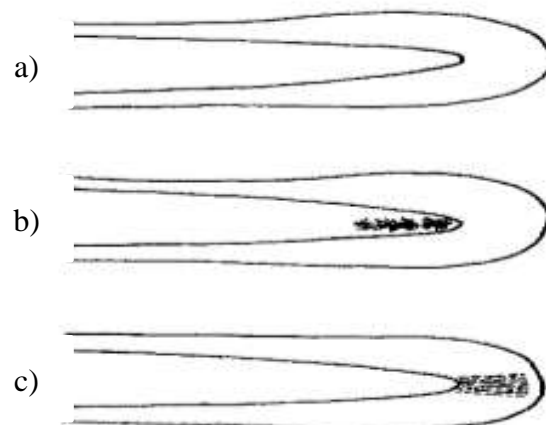
MATERI DAN METODE

Materi

Koleksi data penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2013. Penelitian dilakukan di Laboratorium Budidaya Perairan Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Tadulako, Palu. Organisme uji yang digunakan adalah benih ikan sidat stadia *glass eel* dari jenis *Anguilla bicolor pacifica* yang diperoleh dari hasil tangkapan alam di muara Sungai Palu.

Metode

Glass eel hasil tangkapan ditampung dalam ember yang diberi aerasi, kemudian dipisahkan dari ikan-ikan lain yang ikut tertangkap agar *glass eel* tidak mengalami luka dan cacat akibat penampungan yang terlalu padat. Pengangkutan dari lapangan ke laboratorium menggunakan kantong-kantong plastik yang diberi oksigen. Di laboratorium, *glass eel* ditampung dalam akuarium untuk adaptasi selama 3 hari, dengan pemberian pakan alami cacing sutra *Tubifex* yang digerus halus. Setelah adaptasi selama 3 hari organisme uji yang sehat dan terlihat aktif dipisahkan menurut jenis melalui pemeriksaan bentuk sebaran pigmentasi pada bagian ekor *glass eel* (Tabeta et al., 1976) (Gambar 1).



Gambar 1. Pigmentasi kulit bagian ekor pada *glass eel* a) *A. japonica* (atas), b) *A. marmorata* dan *A. celebesensis* dan c) *A. bicolor pacifica* (Tabeta et al., 1976)

Organisme uji yang terverifikasi sebagai *Anguilla bicolor pacifica* kemudian dimasukkan ke dalam wadah penelitian yang telah disiapkan berupa akuarium berkapasitas 10 liter. Jumlah wadah penelitian yang digunakan sebanyak 20 buah. Desain penelitian adalah rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan sebagai berikut; akuarium pada perlakuan pertama tidak diberi substrat (perlakuan A); perlakuan kedua diberi substrat pecahan batu kerikil berukuran 0,5-1cm (perlakuan B); perlakuan ketiga diberi substrat pasir halus <0,2 cm (perlakuan C); dan perlakuan keempat substrat lumpur dari tanah liat yang digemburkan (perlakuan D). Volume substrat pada setiap wadah sebanyak 3 liter yang ditata rata di dasar akuarium. Selanjutnya setiap wadah diisi dengan 5 liter air, kemudian dimasukkan 10 ekor *glass eel* (2 ekor/L) dengan rata-rata bobot dan panjang masing-masing 1,142 g dan 5,03 cm. Waktu pemeliharaan *glass eel* selama 60 hari.

Selama penelitian organisme uji diberi pakan cacing sutera *Tubifex* sp. sebesar 20% dari biomassa hewan uji. Frekuensi pemberian pakan dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari. Pengamatan tingkah laku *glass eel* dilakukan pada setiap pemberian pakan.

Variabel Pengamatan

Pertumbuhan

Ikan uji ditimbang bobot W(g) dan panjang total PT (cm) pada awal penebaran, selanjutnya penimbangan bobot dan pengukuran panjang dilakukan setiap sepuluh hari

selama pemeliharaan. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan bobot mutlak dan panjang mutlak. Perhitungan bobot mutlak mengacu pada formula:

$$G = W_t \times W_0$$

Dimana:

G = Pertumbuhan bobot (g);

W_t = Bobot rata-rata pada akhir penelitian (g);

W_0 = Bobot rata-rata pada awal penelitian (g).

Perhitungan pertumbuhan panjang mutlak mengacu pada formula:

$$P = L_t - L_0$$

Dimana:

P = Pertumbuhan bobot (cm);

L_t = Panjang rata-rata pada akhir penelitian (cm);

L_0 = Panjang rata-rata pada awal penelitian (cm).

Kelangsungan Hidup

Kelangsungan hidup mengacu pada formula:

$$S = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Dimana:

S = Kelangsungan hidup (%);

N_t = Jumlah ikan pada akhir penelitian (ekor);

N_0 = Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor).

Lingkungan Perairan

Parameter lingkungan perairan yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu, pH, oksigen terlarut, dan amoniak.

Analisis Data

Analisis data hasil penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh dianalisis merujuk pada model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dimana:

Y_{ij} = Pengamatan dari perlakuan ke-i pada ulangan ke-j;

μ = Nilai tengah populasi;

τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i;

ε_{ij} = Galat perlakuan ke-i dalam ulangan ke-j;

i = perlakuan (A,B, C, D);

j = Ulangan (1, 2, 3, 4,5).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkah Laku *Glass Eel*

Respon *glass eel* pada setiap perlakuan tampak berbeda. Misalnya individu yang ditempatkan pada wadah tanpa substrat (perlakuan A) lebih aktif di dasar wadah, mereka tampak aktif berusaha mencari tempat berlindung. *Glass eel* yang ditempatkan pada wadah dengan substrat kerikil (perlakuan B) tampak lebih tenang dan nyaman menempati sela-sela batu kerikil di dasar baskom. *Glass eel* dalam perlakuan tersebut lebih banyak menghabiskan waktu di bawah kerikil dan jarang terlihat muncul di permukaan kerikil pada siang hari, tetapi terlihat lebih aktif muncul ke permukaan pada malam hari.

Glass eel yang mendapat perlakuan substrat berpasir (perlakuan C) sering terlihat melakukan aktifitas menggali pasir untuk membenamkan tubuhnya ke dalam pasir dan hanya memperlihatkan bagian kepala dan sirip ekornya di permukaan substrat, mereka sewaktu-waktu keluar dari pasir jika akan mengambil makanan dan setelah itu akan membenamkan kembali tubuhnya di dalam pasir. *Glass eel* yang ditempatkan di dalam wadah bersubstrat lumpur (perlakuan D) tampak aktif muncul ke permukaan air hingga kepalanya terekspos di permukaan air dan kembali lagi ke dasar permukaan substrat dan membenamkan dirinya.

Selama dalam penelitian *glass eel* diberi makan *Tubifex* sp. Penempatan makanan secara tetap ditempatkan pada satu titik pada dinding akuarium. *Glass eel* dibiasakan mengambil makanan pada titik lokasi penempatan makanan agar memudahkan pengamatan. Teramati *glass eel* menangkap *Tubifex* sp. dengan mencabik/memotong, sampai kadang terlihat berputar untuk memotong makanan. Kadang terlihat *glass eel* menarik sebagian makanannya lalu membawa ke dasar akuarium. Mereka bolak-balik mengambil makanan sampai makanan habis. Fenomena tingkah laku dalam merespon pakan dan substrat seperti dalam studi ini juga ditunjukkan oleh *A. anguilla* (Degerman et al., 2019; Steendam et al., 2020) dan *A. japonica* (Dou dan Tsukamoto, 2003).

Pertumbuhan

Glass eel yang diberi pakan *Tubifex* sp. sebesar 20% dari biomassa, selama periode 60 hari pemeliharaan dalam wadah dengan substrat berbeda menunjukkan pertumbuhan bobot dan panjang yang signifikan dibandingkan dengan *glass eel* yang dipelihara tanpa substrat. Tabel 1 menunjukkan terdapat respon pertumbuhan bobot yang tinggi pada wadah yang diberi substrat kerikil (perlakuan B) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Analisis ragam (ANOVA) mengekspresikan bahwa perbedaan substrat memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,01$) pada pertumbuhan bobot maupun panjang *glass eel*.

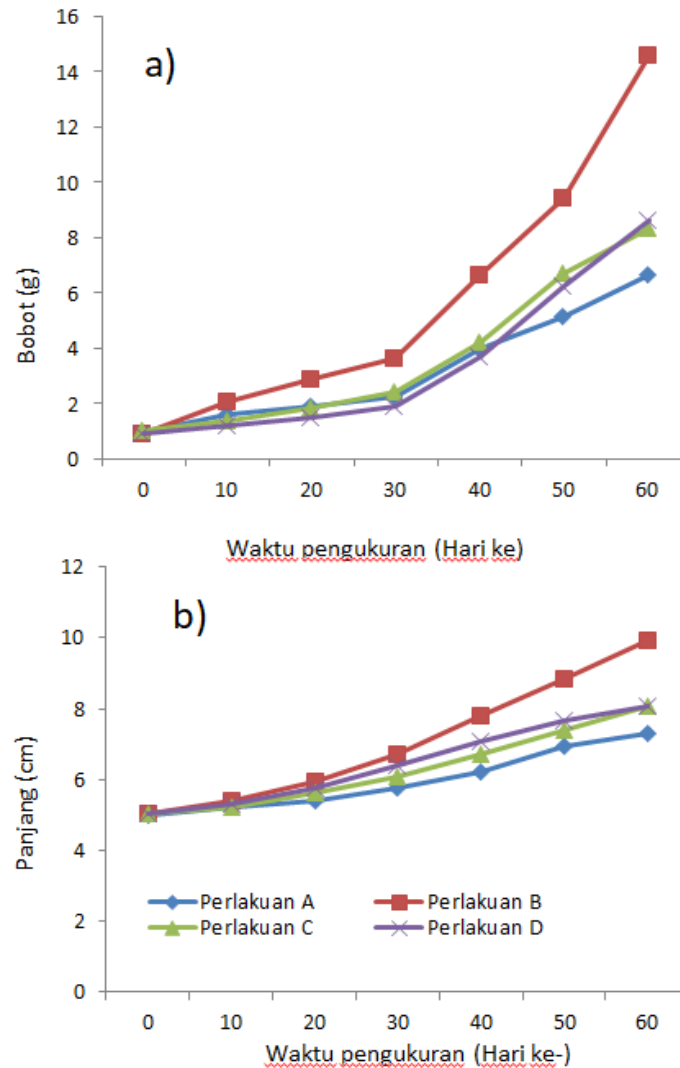
Tabel 1. Rata-rata bobot dan panjang *glass eel* dalam setiap perlakuan (diurut mulai dari yang tertinggi)

Perlakuan	Bobot Total (g)	Perlakuan	Panjang Total (cm)
B	13,702 ^a	B	4,9 ^a
D	7,711 ^{bc}	D	3,04 ^b
C	7,281 ^c	C	3,04 ^b
A	5,664 ^d	A	2,32 ^b

Keterangan: A (tanpa substrat); B (substrat kerikil); C (substrat pasir); D (substrat lumpur)

Pertumbuhan bobot dan panjang tertinggi ada pada perlakuan yang menggunakan substrat kerikil (perlakuan B) dengan bobot dan panjang masing-masing 14,5873 g dan

9,94 cm. Selanjutnya diikuti oleh pertumbuhan *glass eel* yang dipelihara pada substrat lumpur (perlakuan D) dengan pertumbuhan 8,631 g dan 8,08 cm; kemudian yang dipelihara pada substrat pasir (perlakuan C) 8,321 g dan 8,06cm, dan yang paling rendah pertumbuhannya baik bobot maupun panjang yaitu pada wadah pemeliharaan tanpa substrat (perlakuan A) dengan pertumbuhan bobot 7,3873 g dan 7,32 cm. Ekspresi pertumbuhan bobot ini dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b. Penelitian ini menunjukkan bahwa substrat sebagai salah satu faktor lingkungan fisik berperan penting dalam pertumbuhan *glass eel*.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan panjang dan bobot *glass eel* berdasarkan substrat dasar
Keterangan: A (tanpa substrat); B (substrat kerikil; C (substrat pasir); D (substrat lumpur)

Penggunaan substrat kerikil tampak lebih memberikan kenyamanan pada *glass eel*. *Glass eel* menjadikan ruang-ruang antara kerikil sebagai *shelter*, di dalam *shelter glass eel* lebih banyak berdiam diri setelah makan dan *glass eel* lebih banyak menggunakan energi dari makanan untuk pertumbuhan bobot maupun panjang daripada untuk energi gerak. Dalam pengamatan terlihat *glass eel* yang berada pada substrat pasir, lumpur dan yang tanpa substrat lebih aktif bergerak dibandingkan yang berada pada substrat kerikil. *Glass eel* pada substrat kerikil hanya akan terlihat bergerak pada saat mengambil makanan dan

kembali bersembunyi setelah selesai makan. *Glass eel* di alam menyukai habitat yang bersubstrat kerikil (Kume et al., 2019; Matsushige et al., 2020).

Kelangsungan Hidup

Selama 60 hari penelitian, hasil menunjukkan tingkat kelangsungan hidup hewan uji berkisar antara 90% - 100% (Tabel 2), data ini menunjukkan bahwa keberadaan substrat, pakan, dan kualitas air memenuhi kebutuhan hidup *glass eel* untuk tumbuh dengan baik.

Tabel 2. Persentase (%) kelangsungan hidup *glass eel* selama 60 hari pemeliharaan

Perlakuan	Ulangan				
	1	2	3	4	5
A	90	90	100	90	100
B	100	100	100	100	100
C	100	100	100	100	100
D	100	100	100	100	100

Keterangan: A (tanpa substrat); B (substrat kerikil); C (substrat pasir); D (substrat lumpur)

Selama periode pengamatan, kematian terjadi pada sepuluh hari pertama awal pemeliharaan dan hanya terjadi pada wadah tanpa menggunakan substrat (perlakuan A). Jika dilihat dari kurva pertumbuhan (Gambar 2) diduga bahwa pada awal pemeliharaan dalam wadah penelitian *glass eel* mengalami tekanan pada masa adaptasi, ini adalah kondisi yang alami menghadapi cekaman perubahan yang terjadi di lingkungan baru karena mereka memiliki batas toleransi (Crowley et al., 2022; Jensen et al., 1993; Marcogliese, 2008). Jika perubahan lingkungan terjadi di luar kisaran toleransinya maka organisme tersebut akan mati (Evans dan Kültz, 2020) dan atau akan terjadi pertumbuhan dengan keragaman yang tinggi pada bobot maupun panjang di periode awal pemeliharaan (Podgorniak et al., 2015; Poole et al., 2018). Selama proses pemeliharaan pembesaran *glass eel* kualitas air wadah pemeliharaan adalah sebagai berikut: suhu 24-28°C, oksigen terlarut 5,23-6,06 mg/L, pH 7,45-8,70, dan amonia 0,11-1,22 ppm. Nilai kualitas air ini masih berada dalam kisaran yang mendukung kehidupan dan pertumbuhan *glass eel* (Kim et al., 2002; Nieves dan Noli, 2019).

KESIMPULAN

1. Penggunaan substrat dalam wadah pembesaran *glass eel* memberikan efek pertumbuhan bobot maupun panjang serta kelangsungan hidup yang signifikan jika dibandingkan dengan kondisi tanpa substrat.
2. Pertumbuhan *glass eel* sangat signifikan pada perlakuan menggunakan substrat kerikil jika dibandingkan dengan substrat pasir, lumpur, dan tanpa substrat.
3. Kelangsungan hidup *glass eel* sangat baik pada media pemeliharaan menggunakan substrat (kerikil, pasir, dan lumpur) jika dibandingkan dengan media pemeliharaan tanpa substrat.

DAFTAR PUSTAKA

Andriyono, S. (2018). Overview of Indonesia fisheries sector: Java and Bali island. *International Journal of Life Sciences and Earth Sciences*, 1(1), 39-48.

- Arai, T. (2014). How have spawning ground investigations of the Japanese eel *Anguilla japonica* contributed to the stock enhancement. *Reviews in fish biology and fisheries*, 24, 75-88.
- Arai, T. (2022). Sustainable management of tropical anguillid eels in Southeast Asia. In *Natural resources conservation and advances for sustainability* (pp. 461-480). Elsevier.
- Arai, T., Sugeha, H. Y., Limbong, D., & Tsukamoto, K. (2020). Rhythmic activity of inshore migration of tropical freshwater glass eels of the genus *Anguilla*. *Environmental Biology of Fishes*, 103, 1295-1308.
- Bachtiar, N., Harahap, N., & Riniwati, H. (2013). Strategi pengembangan pemasaran ikan sidat (*Anguilla bicolor*) di Unit Pengelola Perikanan Budidaya (UPPB) Desa Deket, Kecamatan Deket, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *API Student Journal*, 1(1), 29-36.
- Blake, M., & Hart, P. (1995). The vulnerability of juvenile signal crayfish to perch and eel predation. *Freshwater Biology*, 33(2), 233-244.
- Costa-Pierce, B. A. (2023). Ocean Food Systems and Hybrid Seafood Production: Transdisciplinary Case Studies of Cod, Eels, Salmon, and Lobster. *Sustainable Development Research*, 5(1), p31-p31.
- Cresci, A. (2020). A comprehensive hypothesis on the migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*). *Biological Reviews*, 95(5), 1273-1286.
- Crowley, P. H., Labonne, J., Bolliet, V., Daverat, F., & Bardonnnet, A. (2022). Implications of stress-mediated environmental sex determination for declining eel populations. *Reviews in fish biology and fisheries*, 32(4), 1157-1186.
- Degerman, E., Tamario, C., Watz, J., Nilsson, P. A., & Calles, O. (2019). Occurrence and habitat use of European eel (*Anguilla anguilla*) in running waters: lessons for improved monitoring, habitat restoration and stocking. *Aquatic ecology*, 53(4), 639-650.
- Dekker, W. (2019). The history of commercial fisheries for European eel commenced only a century ago. *Fisheries Management and Ecology*, 26(1), 6-19.
- Delcourt, J., Ylieff, M., Bolliet, V., Poncin, P., & Bardonnnet, A. (2011). Video tracking in the extreme: A new possibility for tracking nocturnal underwater transparent animals with fluorescent elastomer tags. *Behavior research methods*, 43, 590-600.
- Dorow, M., & Arlinghaus, R. (2012). The relationship between personal commitment to angling and the opinions and attitudes of German anglers towards the conservation and management of the European eel *Anguilla anguilla*. *North American Journal of Fisheries Management*, 32(3), 466-479.
- Dou, S.-Z., & Tsukamoto, K. (2003). Observations on the nocturnal activity and feeding behavior of *Anguilla japonica* glass eels under laboratory conditions. *Environmental Biology of Fishes*, 67, 389-395.
- Evans, T. G., & Kültz, D. (2020). The cellular stress response in fish exposed to salinity fluctuations. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 333(6), 421-435.
- Hamidoghli, A., Bae, J., Won, S., Lee, S., Kim, D.-J., & Bai, S. C. (2019). A review on Japanese eel (*Anguilla japonica*) aquaculture, with special emphasis on nutrition. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 27(2), 226-241.
- Haryono, H., & Wahyudewantoro, G. (2017). Pemetaan habitat ruaya benih ikan sidat (*Anguilla bicolor*) dan potensinya di pantai selatan jawa. *Omni-akuatika*, 12(3).
- Heinsbroek, L. (1991). A review of eel culture in Japan and Europe. *Aquaculture Research*, 22(1), 57-72.
- Jellyman, D., Booker, D., & Watene, E. (2009). Recruitment of *Anguilla* spp. glass eels in the Waikato River, New Zealand. Evidence of declining migrations. *Journal of Fish Biology*, 74(9), 2014-2033.

- Jensen, F. B., Nikinmaa, M., & Weber, R. E. (1993). Environmental perturbations of oxygen transport in teleost fishes: causes, consequences and compensations. *Fish ecophysiology*, 161-179.
- Kim, W. S., Yoon, S. J., Moon, H. T., & Lee, T. W. (2002). Effects of water temperature changes on the endogenous and exogenous rhythms of oxygen consumption in glass eels *Anguilla japonica*. *Marine Ecology Progress Series*, 243, 209-216.
- Kume, M., Terashima, Y., Wada, T., & Yamashita, Y. (2019). Longitudinal distribution and microhabitat use of young Japanese eel *Anguilla japonica* in a small river flowing through paddy areas. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(4), 876-883.
- Kuroki, M., Miller, M. J., & Tsukamoto, K. (2014). Diversity of early life-history traits in freshwater eels and the evolution of their oceanic migrations. *Canadian Journal of Zoology*, 92(9), 749-770.
- Laffaille, P., Caraguel, J.-M., & Legault, A. (2007). Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(1-2), 81-90.
- Lee, W.-C., Chen, Y.-H., Lee, Y.-C., & Liao, I. C. (2003). The competitiveness of the eel aquaculture in Taiwan, Japan, and China. *Aquaculture*, 221(1-4), 115-124.
- Liao, C.-P., Huang, H.-W., & Lu, H.-J. (2019). Fishermen's perceptions of coastal fisheries management regulations: Key factors to rebuilding coastal fishery resources in Taiwan. *Ocean & Coastal Management*, 172, 1-13.
- Liao, I. C., Hsu, Y.-K., & Lee, W. C. (2002). Technical innovations in eel culture systems. *Reviews In Fisheries Science*, 10(3-4), 433-450.
- Lin, Y.-J., & Tzeng, W. N. (2018). Modelling the bycatch of *Anguilla marmorata* using a generalized depletion model with an example from the Taiwanese glass eel fisheries for *Anguilla japonica*. *Fisheries Research*, 208, 210-218.
- MacGregor, R., Casselman, J. M., Allen, W. A., Haxton, T., Dettmers, J. M., Mathers, A., LaPan, S., Pratt, T. C., Thompson, P., & Stanfield, M. (2009). Natural heritage, anthropogenic impacts, and biopolitical issues related to the status and sustainable management of American eel: a retrospective analysis and management perspective at the population level. Challenges for diadromous fishes in a dynamic global environment. *American Fisheries Society, Symposium*.
- Marcogliese, D. (2008). The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev Sci Tech*, 27(2), 467-484.
- Matondo, B. N., Benitez, J.-P., Dierckx, A., Renardy, S., Rollin, X., Colson, D., Baltus, L., Romain, V. R. M., & Ovidio, M. (2021). What are the best upland river characteristics for glass eel restocking practice. *Science of the Total Environment*, 784, 147042.
- Matsushige, K., Yasutake, Y., & Mochioka, N. (2020). Spatial distribution and habitat preferences of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, at the reach and channel-unit scales in four rivers of Kagoshima Prefecture, Japan. *Ichthyological Research*, 67, 68-80.
- Moriarty, C., & Dekker, W. (1997). *Management of the European eel* (0332-4338).
- Nielsen, T., & Prouzet, P. (2008). Capture-based aquaculture of the wild European eel (*Anguilla anguilla*). Capture-based aquaculture. Global overview. *FAO Fisheries Technical Paper* (508), 141-168.
- Nieves, P. M., & Noli, J. C. (2019). Post-harvest handling practices for glass eel along rivers and tributaries in Lagonoy Gulf, Philippines. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 12(5), 1662-1671.
- Nijman, V. (2015). CITES-listings, EU eel trade bans and the increase of export of tropical eels out of Indonesia. *Marine Policy*, 58, 36-41.

- Okamura, A., Horie, N., Mikawa, N., Yamada, Y., & Tsukamoto, K. (2014). Recent advances in artificial production of glass eels for conservation of anguillid eel populations. *Ecology of Freshwater Fish*, 23(1), 95-110.
- Okamura, A., Horie, N., Yamada, Y., Mikawa, N., & Tsukamoto, K. (2020). Obtaining high-quality larvae for mass production of glass eels: Can we refine our approach. *Aquaculture*, 521, 735049.
- Parisi, G., Terova, G., Gasco, L., Piccolo, G., Roncarati, A., Moretti, V. M., Centoducati, G., Gatta, P. P., & Pais, A. (2014). Current status and future perspectives of Italian finfish aquaculture. *Reviews in fish biology and fisheries*, 24(1), 15-73.
- Piper, A. T., Wright, R. M., & Kemp, P. S. (2012). The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*) at intertidal barriers. *Ecological Engineering*, 44, 329-336.
- Podgorniak, T., Angelini, A., Blanchet, S., De Oliveira, E., Pierron, F., & Daverat, F. (2015). Climbing experience in glass eels: A cognitive task or a matter of physical capacities. *Physiology & behavior*, 151, 448-455.
- Poole, W. R., Diserud, O. H., Thorstad, E. B., Durif, C. M., Dolan, C., Sandlund, O. T., Bergesen, K., Rogan, G., Kelly, S., & Vøllestad, L. A. (2018). Long-term variation in numbers and biomass of silver eels being produced in two European river systems. *ICES Journal of Marine Science*, 75(5), 1627-1637.
- Rahel, F. J., & Stein, R. A. (1988). Complex predator-prey interactions and predator intimidation among crayfish, piscivorous fish, and small benthic fish. *Oecologia*, 75, 94-98.
- Righton, D., Piper, A., Aarestrup, K., Amilhat, E., Belpaire, C., Casselman, J., Castonguay, M., Díaz, E., Dörner, H., & Faliex, E. (2021). Important questions to progress science and sustainable management of anguillid eels. *Fish and Fisheries*, 22(4), 762-788.
- Rizal, A., Suryana, A. A. H., Herawati, H., Lantun, P., & Izza, M. (2017). Regional perspective to build competitiveness for Indonesian fishery sector in the global and autonomy regime. *Int. J. Agric. Env. Res*, 3(6), 4368-4388.
- Seo, J.-S., Choi, J.-H., Seo, J.-H., Ahn, T.-H., Chong, W.-S., Kim, S.-H., Cho, H.-S., & Ahn, J.-C. (2013). Comparison of major nutrients in eels *Anguilla japonica* cultured with different formula feeds or at different farms. *Fisheries and aquatic sciences*, 16(2), 85-92.
- Steendam, C., Verhelst, P., Van Wassenbergh, S., & De Meyer, J. (2020). Burrowing behaviour of the European eel (*Anguilla anguilla*): Effects of life stage. *Journal of Fish Biology*, 97(5), 1332-1342.
- Tabeta, O., Tanimoto, T., Takai, T., Matsui, I., & Imamura, T. (1976). Seasonal occurrence of anguillid elvers in Cagayan River, Luzon Island, the Philippines. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 42, 421-426.
- Tanaka, H. (2015). Progression in artificial seedling production of Japanese eel *Anguilla japonica*. *Fisheries science*, 81, 11-19.
- Van Wichelen, J., Verhelst, P., Buysse, D., Belpaire, C., Vlietinck, K., & Coeck, J. (2021). Glass eel (*Anguilla anguilla* L.) behaviour after artificial intake by adjusted tidal barrage management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107127.
- Yuan, Y., Yuan, Y., Dai, Y., Gong, Y., & Yuan, Y. (2022). Development status and trends in the eel farming industry in Asia. *North American Journal of Aquaculture*, 84(1), 3-17.