Jurnal Media Akuatika
ISSN 2503-4324
Volume 11, Nomor 2, April 2026

Pengaruh Jenis Shelter Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Belut Sawah (*Monopterus albus*) pada Budidaya Tanpa Lumpur

Effects of Shelter Type on Growth and Survival of Rice Field Eel (*Monopterus albus*) Cultured in A Mud-Free System

Wardiman Malaka, Muhammad Idris*, Oce Astuti

Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

ABSTRAK: Belut sawah (*Monopterus albus*) berpotensi dikembangkan melalui sistem budidaya tanpa lumpur yang mendukung penerapan *urban aquaculture*. Namun, keberhasilan sistem tersebut memerlukan shelter yang potensial sebagai tempat berlindung dan mudah dikelola. Penelitian ini bertujuan membandingkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup belut sawah yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) dan tali rafia. Pemeliharaan dilakukan selama 120 hari di Kendari, Sulawesi Tenggara. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik (LPS), kelangsungan hidup, suhu, dan pH air. Data dianalisis menggunakan Independent Samples t-test pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan bobot mutlak pada shelter tumbuhan apu-apu mencapai 94,16 g, lebih tinggi dibandingkan shelter tali rafia sebesar 69,64 g (P = 0,023 < 0,05). LPS akhir masing-masing sebesar 1,33%/hari dan 1,12%/hari (P = 0,014 < 0,05), sedangkan kelangsungan hidup masing-masing sebesar 96,67% dan 93,33% tanpa perbedaan yang signifikan (P = 1,00 > 0,05). Suhu air awal dan akhir penelitian berkisar 27-30°C dengan pH 7-8. Shelter tumbuhan apu-apu diketahui memberikan respons pertumbuhan belut sawah yang lebih baik dibandingkan tali rafia, sehingga dapat direkomendasikan sebagai alternatif shelter pada sistem budidaya belut sawah tanpa lumpur.
Kata kunci: *Monopterus albus, Pistia stratiotes,* shelter, pertumbuhan, kelangsungan hidup

ABSTRACT: Rice field eel (*Monopterus albus*) has considerable potential for mud-free culture, which supports urban aquaculture. However, successful implementation of this culture system requires an effective and practical shelter. This study aimed to compare the growth and survival of rice field eels reared with water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) and raffia rope as shelter materials. The experiment consisted of two treatments with three replicates, each using a plastic basin containing 10 eels, for a total of 60 experimental fish. The culture trial was conducted for 120 days in Kendari, Southeast Sulawesi, Indonesia. Parameters observed included absolute weight gain, specific growth rate (SGR), survival rate, water temperature, and pH. Data were analyzed using Student's *t*-test at a 5% significance level. Absolute weight gain was significantly higher in the water lettuce treatment (94.16 g) than in the raffia rope treatment (69.64 g) (P = 0.023<0.05). Final SGR was 1.33% day^{-1} and 1.12% day^{-1}, respectively (P = 0.014<0.05). Survival rates were 96.67% and 93.33%, with no significant difference (P = 1,00>0.05). Water temperature ranged from 27 to 30°C and pH from 7 to 8. Water lettuce provided better growth performance in rice field eel and is recommended as an alternative shelter for mud-free culture.
Keywords: *Monopterus albus, Pistia stratiotes*, shelter, growth, survival.

PENDAHULUAN

Belut sawah (*Monopterus albus*) merupakan salah satu ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berpotensi dikembangkan sebagai komoditas budidaya. Permintaan belut terus meningkat di pasar domestik maupun internasional sehingga membuka peluang bagi Indonesia untuk meningkatkan produksi dan daya saing sebagai negara pengekspor. Salah satu indikasinya adalah ekspor belut hidup dari Kalimantan Selatan ke Tiongkok pada tahun 2020 (Noor *et al*., 2025). Meskipun demikian, kontinuitas pasokan masih menjadi kendala karena sebagian besar belut yang dipasarkan, termasuk untuk ekspor, masih berasal dari hasil tangkapan alam (Noor *et al*., 2025). Kondisi serupa juga dilaporkan oleh Candra *et*

Penulis korespondensi: idrisbojosa@uho.ac.id

***Article history*:**
Diterima/*Received*: 19 Januari 2026
Disetujui/*Accepted*: 23 Maret 2026
Diterbitkan/*Published*: 8 April 2026

al. (2022), yang menunjukkan bahwa pasokan belut sawah di pasar Banjarbaru masih bergantung pada hasil tangkapan alam sehingga belum dapat memenuhi kebutuhan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, pengembangan teknologi budidaya menjadi penting untuk menjamin kontinuitas pasokan, mengurangi tekanan terhadap populasi belut di alam, dan meningkatkan produksi. Meskipun sesuai dengan habitat alami belut, sistem budidaya menggunakan media lumpur memiliki beberapa keterbatasan, antara lain menyulitkan pengendalian kualitas air, pemantauan kesehatan, pengelolaan pemberian pakan, serta pengamatan pertumbuhan, mortalitas, dan aktivitas belut selama pemeliharaan. Sebagai alternatif, sistem budidaya tanpa lumpur menawarkan proses pemeliharaan yang lebih sederhana dan mudah dikontrol. Karakteristik tersebut memungkinkan sistem ini diterapkan pada lahan terbatas, termasuk untuk mendukung pengembangan urban aquaculture. Keberhasilan sistem tersebut tetap bergantung pada tersedianya kualitas air yang baik (Yusriadi *et al*., 2017) serta shelter yang mampu mendukung perilaku alami belut.

Belut sawah secara alami menyukai habitat yang menyediakan ruang perlindungan sehingga keberadaan shelter menjadi komponen penting dalam sistem budidaya tanpa lumpur. Shelter berfungsi sebagai tempat berlindung sekaligus membantu menciptakan lingkungan pemeliharaan yang lebih sesuai bagi belut. Perbedaan jenis bahan shelter dapat menghasilkan karakteristik ruang perlindungan yang berbeda sehingga berpotensi memengaruhi respons pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai shelter adalah tumbuhan apu-apu (*Pistia stratiotes* L.). Selain menyediakan ruang berlindung, tumbuhan ini memiliki sistem perakaran yang kompleks sehingga menyerupai habitat alami belut. Sebagai pembanding, tali rafia merupakan bahan yang mudah diperoleh, murah, dan praktis digunakan sebagai shelter buatan. Perbedaan karakteristik kedua bahan tersebut perlu dievaluasi untuk mengetahui efektivitasnya dalam mendukung pemeliharaan belut pada sistem tanpa lumpur.

Penelitian mengenai penggunaan shelter pada budidaya belut sawah tanpa lumpur telah dilakukan oleh Firman *et al*. (2018) dengan membandingkan empat jenis shelter, yaitu tumbuhan apu-apu, pelepah pisang, bambu, dan pipa paralon. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tumbuhan apu-apu menghasilkan pertumbuhan terbaik. Namun, belum diketahui apakah shelter buatan yang lebih mudah diperoleh dan diaplikasikan, seperti tali rafia, mampu memberikan performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang sebanding dengan shelter alami tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membandingkan efektivitas tumbuhan apu-apu dan tali rafia pada sistem budidaya belut sawah tanpa lumpur menggunakan wadah plastik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif shelter yang lebih praktis tanpa mengurangi kinerja produksi, sekaligus menguji hipotesis bahwa perbedaan jenis shelter memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup belut sawah.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada unit budidaya ikan skala rumah tangga di Kelurahan Lalolara, Kecamatan Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, selama 4 bulan, mulai dari bulan Maret 2020 hingga bulan Juni 2020.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.Alat dan Bahan yang Digunakan beserta Kegunaannya

No	Alat/Bahan	Satuan	Kegunaan
1.	**Alat**		
	Timbangan Analitik	g	Alat Penimbang
	Kamera	-	Alat Dokumentasi
	ATK	-	Alat Tulis Menulis
	Shelter	Unit	Persembunyian Belut

2.	**Bahan**		
	Belut Sawah	Ekor	Organisme Uji
	Cacing Tanah	g	Pakan Organisme
	Keong Mas	g	Pakan Organisme
	Jaring Cincin	-	Penutup Baskom
	Loyang	-	Wadah Pakan Organisme
	Baskom	Unit	Wadah Budidaya
	Pakan Alami	g	Pakan
	Tali Rafia	Unit	Shelter
	Tumbuhan Apu-apu	Unit	Shelter
	Penyedap Rasa	g	Atraktan Pakan

Wadah Penelitian

Wadah penelitian berupa baskom plastik berkapasitas 65 L dengan tinggi sekitar 25 cm dan diameter sekitar 55 cm. Setiap baskom diisi air sebanyak ±40 L hingga mencapai tinggi kolom air sekitar 20 cm, kemudian ditebar 10 ekor belut sawah. Selama pemeliharaan, wadah ditempatkan secara acak di luar ruangan, pada bagian rumah yang masih terlindungi atap dan terhindar dari paparan sinar matahari langsung. Setiap baskom ditutup menggunakan waring yang dipasang pada kerangka rotan berbentuk lingkaran berdiameter sekitar 65 cm. Penutup tersebut berfungsi mencegah belut keluar dari wadah serta mengurangi masuknya kotoran dan organisme pengganggu dari luar.

Adaptasi Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit belut sawah hasil tangkapan alam yang diperoleh dari penangkap belut di Desa Masagena, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Sebelum digunakan dalam penelitian, belut diaklimatisasi di Pondok Kewirausahaan Budidaya Ikan (PKBI), Lorong Meohai, Jalan Wirabuana, Kecamatan Andonouhu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara (4°00'10.2"S, 122°32'42.1"E).

Aklimatisasi dilakukan menggunakan cincin sumur beton berdiameter 90 cm dan tinggi 50 cm (luas permukaan ±0,636 m^2). Wadah dilengkapi dengan pipa pemasukan air berdiameter 0,5 inci dan pipa pembuangan berdiameter 0,75 inci yang dipasang pada bagian tengah dasar wadah. Sebagai shelter digunakan potongan pipa PVC berdiameter 0,75 inci dengan panjang sekitar 50 cm, sedangkan potongan pelepah pisang (lapisan luar batang semu/pseudostem) digunakan sebagai wadah pakan.

Sumber air berasal dari sumur gali yang ditampung terlebih dahulu dalam toren berkapasitas 1.200 L. Wadah diisi air hingga mencapai tinggi sekitar 10 cm. Selama masa aklimatisasi, air dialirkan secara kontinu dalam bentuk tetesan dengan debit sekitar 35 mL/menit tanpa menggunakan aerasi.

Belut diberi pakan berupa cacing tanah yang dipotong-potong kecil dan dicampur dengan penyedap rasa sebagai atraktan, kemudian diletakkan pada wadah pakan dari pelepah pisang. Pakan diberikan setiap dua hari sekali dengan jumlah yang disesuaikan berdasarkan tingkat konsumsi belut selama masa aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan selama minimal 10 hari hingga belut menunjukkan respons makan yang normal sebelum digunakan sebagai hewan uji.

Hewan Uji

Setelah melalui tahap adaptasi, belut sawah diseleksi untuk memperoleh hewan uji yang sehat, tidak mengalami cacat tubuh, dan menunjukkan respons gerak yang aktif. Belut yang digunakan dalam penelitian ini, berjumlah 60 ekor, dengan kisaran bobot individu awal 16–39 g, dengan bobot rata-rata ± standar deviasi yaitu 25 g ± 4,8187. Pada shelter apu-apu, digunakan 30 ekor belut yang memiliki kisaran bobot 17–33 g, sedangkan pada shelter tali rafia, ketigapuluh ekor belut itu memiliki bobot yang berkisar antara 16–39 g. Bobot rata-rata belut sawah pada shelter apu-apu sebesar 25 g ± 4,5105, sedangkan pada shelter tali rafia 25 g ± 5,1862. Uji normalitas dengan Shapiro-Wilk terhadap data bobot awal dari 60 ekor belut

sawah yang digunakan dalam penelitian menunjukkan nilai P = 0,204 > 0,05, yang berarti bobot awal belut berdistribusi normal. Uji homogenitas dengan uji Levene menunjukkan nilai P = 0,22 > 0,05, yang berarti bobot awal belut bersifat homogen.

Belut didistribusikan ke dalam baskom penelitian dengan ketentuan bahwa tiap baskom berisi 10 ekor belut dengan bobot biomassa awal 250 g. Penempatan individu dilakukan dengan menyamakan bobot biomassa awal setiap baskom, sementara bobot awal individu dalam setiap baskom disesuaikan untuk mencapai biomassa 250 g tersebut. Penebaran dilakukan pada sore hari untuk meminimalkan stres akibat proses penanganan dan perubahan lingkungan pemeliharaan.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan dua perlakuan shelter, yaitu shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia**.** Masing-masing perlakuan terdiri atas tiga unit baskom sebagai ulangan. Setiap baskom berisi 10 ekor belut sawah, sehingga jumlah keseluruhan hewan uji adalah 60 ekor, terdiri atas 30 ekor pada perlakuan shelter tumbuhan apu-apu dan 30 ekor pada perlakuan shelter tali rafia.

Pemeliharaan dilakukan selama 120 hari. Pada perlakuan tumbuhan apu-apu, shelter berupa tumbuhan apu-apu ditempatkan di dalam wadah pemeliharaan. Pada perlakuan lainnya, shelter dibuat menggunakan tali rafia.

Persiapan Shelter

Shelter tumbuhan apu-apu diperoleh dari kolam masyarakat di Desa Masagena, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Sebelum digunakan, akar tanaman dibersihkan dari kotoran yang menempel. Pada perlakuan ini, jumlah tanaman maupun biomassa apu-apu tidak ditentukan secara tetap, tetapi diatur sehingga mampu menutupi sekitar 95% permukaan air pada setiap baskom.

Shelter tali rafia dibuat dari 30 utas tali rafia sepanjang 80 cm yang diikat pada bagian tengah sehingga membentuk satu unit shelter. Setiap baskom berdiameter 55 cm diberi dua unit shelter, kemudian helaian tali diuraikan hingga menutupi sekitar 95% permukaan air. Panjang tali rafia memungkinkan penyebaran helaian secara merata sehingga persentase penutupan tersebut dapat dicapai. Persentase penutupan pada perlakuan tali rafia disesuaikan dengan perlakuan shelter tumbuhan apu-apu sehingga luas penutupan permukaan air pada kedua perlakuan relatif setara.

Penebaran dan Pemeliharaan Organisme Uji

Sebelum penebaran benih belut sawah, shelter berupa tali rafia dan tumbuhan apu-apu dipasang pada setiap baskom sesuai dengan perlakuan. Dimensi baskom dan volume air yang digunakan mengikuti spesifikasi yang telah dijelaskan pada bagian *Wadah Penelitian*. Setelah pengisian air, pH diukur, dan wadah dinyatakan siap digunakan apabila pH berada pada kisaran 7,0-8,0

Pemberian Pakan

Selama pemeliharaan, belut sawah diberi pakan alami berupa cacing tanah pada bulan pertama dan kedua, kemudian dilanjutkan dengan keong mas pada bulan ketiga dan keempat untuk menyesuaikan peningkatan ukuran tubuh dan kapasitas konsumsi pakan belut selama pemeliharaan. Cacing tanah mengandung protein sebesar 64-76% (Herawati *et al*., 2017), sedangkan keong mas mengandung protein 51%, lemak 13,61%, serat kasar 6,09%, dan abu 24% (Anderson *et al*., 2004). Kedua jenis pakan diberikan tanpa penambahan pakan buatan (100% pakan alami). Pakan diberikan setiap dua hari sekali dengan dosis 15% dari biomassa belut. Sebelum diberikan, pakan dipotong menjadi bagian-bagian kecil, kemudian dicampur dengan penyedap rasa komersial sebanyak 2,0 g untuk setiap 37,5 g pakan sebagai atraktan. Penyedap rasa tersebut mengandung monosodium glutamat (MSG) yang diduga mampu merangsang sistem kemoresepsi ikan melalui reseptor olfaktori dan gustatori, sehingga

berpotensi meningkatkan deteksi pakan dan respons makan (Hara, 1994). Pakan kemudian diberikan secara merata pada setiap wadah pemeliharaan.

Pengelolaan Wadah Penelitian

Wadah pemeliharaan dikontrol setiap dua hari sekali pada pukul 07.30-09.00 WITA dengan membersihkan sisa pakan yang terdapat di dalam baskom. Selama penelitian, tidak digunakan sistem aerasi. Pergantian air dilakukan setiap dua hari sekali sebanyak 100% untuk mempertahankan kualitas media pemeliharaan selama penelitian.

Variabel Pengamatan

Data bobot individu ikan diukur setiap 30 hari sekali selama 4 bulan. Parameter yang diamati adalah:

1. Pertumbuhan Mutlak (PM) Individu Rata-Rata

Pertumbuhan bobot mutlak individu rata-rata, dihitung dengan rumus sebagai berikut (Effendie, 1997):

$$W = Wt - W0$$

Dengan: W = Pertumbuhan Mutlak (g), Wt = Bobot rata-rata akhir penelitian (g), W0 = Bobot rata-rata awal penelitian (g)

Untuk mendapatkan nilai bobot rata-rata awal penelitian (W0) dan nilai bobot rata-rata akhir penelitian (Wt), digunakan rumus berikut:

$$W = B/N$$

Dengan: W= bobot individu rata-rata (g), B = total biomassa belut hidup dalam satu baskom (g), N = jumlah belut yang hidup dalam baskom tersebut (ekor).

Rumus bobot individu rata-rata tersebut digunakan pula dalam perhitungan laju pertumbuhan spesifik.

2. Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS)

Laju pertumbuhan spesifik (Specific growth rate, SGR) individu rata-rata, dihitung menggunakan persamaan dari Huet (1970):

$$LPS\ (\%/hari) = [(\ln Wt - \ln W0) / t] \times 100$$

Dengan: LPS = Laju Pertumbuhan Spesifik, W0 = Bobot rata-rata pada hari ke-0 (g), Wt = Bobot rata-rata pada hari ke-t (g), t = Lama pemeliharaan ikan (hari).

3. Kelangsungan Hidup

Kelangsungan hidup dihitung dengan rumus berikut (Effendi *et al*., 2007):

$$SR\ (\%) = (Nt / No) \times 100$$

Dengan: SR = Tingkat Kelangsungan Hidup (%), Nt = Jumlah ikan pada akhir pemeliharaan (ekor), No = Jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

Parameter Kualitas Air

Sebagai data penunjang dilakukan pengukuran parameter kualitas air, yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Parameter kualitas air yang diukur pada awal dan akhir penelitian

No	Parameter	Alat	Pengukuran
1	Suhu (°C)	Thermometer	Awal dan Akhir
2.	pH	pH Meter	Awal dan Akhir

Analisis Data

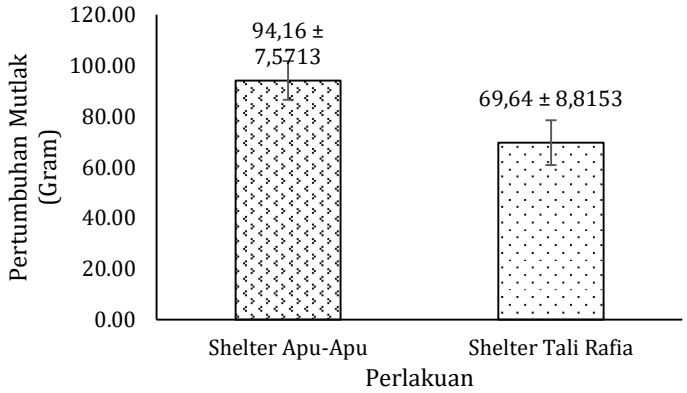
Data pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik, dan kelangsungan hidup, dianalisis menggunakan Independent Samples t-test untuk membandingkan rata-rata kedua perlakuan. Sebelum dilakukan uji t, data diuji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan homogenitas menggunakan uji Levene. Pengujian dilakukan pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05) menggunakan *JASP* versi 0.18. (*JASP* Team, 2024).

HASIL

Pertumbuhan Mutlak (PM) Individu Rata-Rata

Pada awal penelitian, setiap baskom diisi dengan 10 ekor belut dengan biomassa awal sekitar 250 g, sehingga biomassa antarwadah relatif homogen. Penyamaan biomassa dilakukan untuk mengurangi variasi kondisi awal antarunit percobaan. Selama pemeliharaan, jumlah belut hidup pada setiap baskom dapat berubah akibat mortalitas. Oleh karena itu, bobot individu rata-rata pada setiap baskom dihitung dengan membagi total biomassa belut yang masih hidup dengan jumlah individu yang masih hidup pada akhir periode pengamatan. Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung pertumbuhan mutlak individu rata-rata dan laju pertumbuhan spesifik individu rata-rata setiap unit percobaan.

Pada awal penelitian, bobot individu rata-rata ± standar deviasi ketigapuluh ekor belut pada shelter apu-apu adalah 25 g ± 4,5105, sedangkan pada shelter tali rafia adalah 25 g ± 5,1862. Pada akhir penelitian, bobot individu rata-rata ± standar deviasi pada shelter apu-apu mencapai 119,2414 g ± 15,8399, sedangkan pada shelter tali rafia mencapai 94,8571 g ± 11,3976. Analisis pertumbuhan belut sawah yang mengacu pada selisih berat akhir dan berat awal menunjukkan, setelah masa pemeliharaan 120 hari, pertumbuhan bobot mutlak individu rata-rata pada shelter tumbuhan apu-apu sebesar 94,16 g, sedangkan pada shelter tali rafia sebesar 69,64 g. Hasil uji normalitas dengan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas dengan uji Levene menunjukkan nilai berturut-turut 0,792 dan 0,645, yang berarti data berdistribusi normal dan homogen.

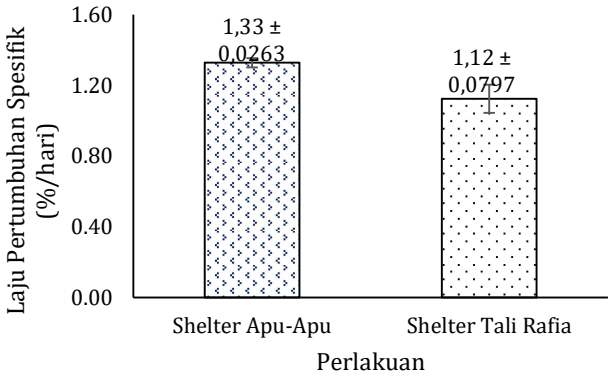


Gambar 1. Pertumbuhan mutlak belut sawah yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia selama 120 hari. Data disajikan sebagai rerata ± standar deviasi (n = 3 baskom per perlakuan; setiap baskom berisi 10 ekor belut).

Hasil uji-t menunjukkan bahwa kedua perlakuan berbeda secara signifikan (P = 0,023 < 0,05). Grafik nilai rata-rata pertumbuhan mutlak individu pada 120 hari pengamatan, disajikan pada Gambar 1.

Pertumbuhan Spesifik

Nilai laju pertumbuhan spesifik pada hari ke-120 diuji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas dengan uji Levene. Diperoleh hasil berturut-turut sebesar 0,697 dan 0,398, yang berarti data bersifat normal dan homogen. Hasil rata-rata perhitungan laju pertumbuhan spesifik (LPS) belut sawah dengan menggunakan shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia selama 120 hari dapat dilihat pada Gambar 2. Grafik perubahan laju pertumbuhan spesifik belut sawah per bulan selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 3.

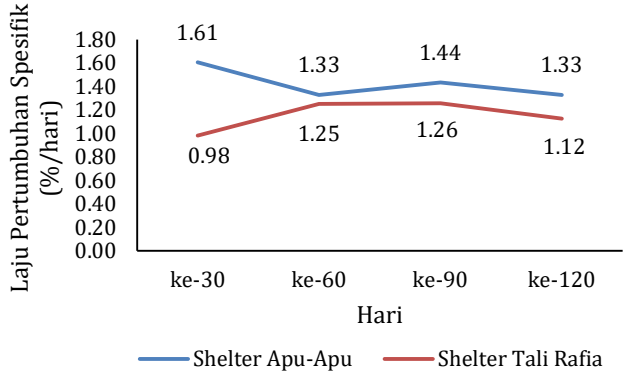


Gambar 2. Laju pertumbuhan spesifik belut sawah yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia selama 120 hari. Data disajikan sebagai rerata ± standar deviasi (n = 3 baskom per perlakuan; setiap baskom berisi 10 ekor belut).

Gambar 2 menunjukkan bahwa LPS belut sawah pada akhir pemeliharaan (hari ke-120) lebih tinggi pada perlakuan shelter tumbuhan apu-apu (1,33%/hari) dibandingkan dengan shelter tali rafia (1,12%/hari), dengan perbedaan yang signifikan (P = 0,014 < 0,05).

Gambar 3 menunjukkan dinamika laju pertumbuhan spesifik belut sawah selama penelitian. Dari gambar terlihat bahwa nilai LPS berfluktuasi selama penelitian dengan kecenderungan menurun pada akhir pemeliharaan, baik pada shelter tumbuhan apu-apu maupun pada shelter tali rafia.

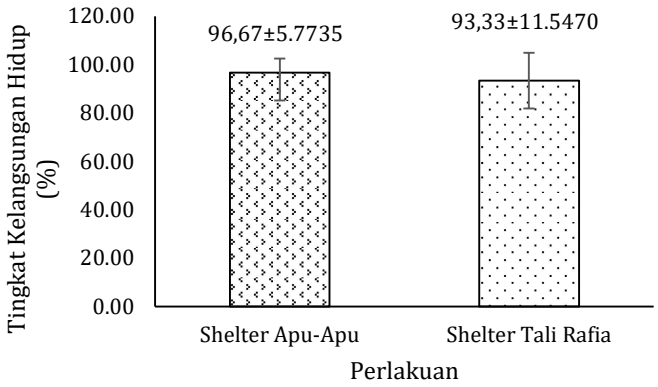
Secara umum, nilai LPS pada shelter tumbuhan apu-apu lebih tinggi dibandingkan shelter tali rafia pada semua periode pengamatan. Pada bulan pertama, shelter tumbuhan apu-apu sebesar 1,61%/hari, bulan ke-dua 1,33%/hari, bulan ke-tiga 1,44%/hari dan bulan ke-empat 1,33%/hari. Sementara itu, shelter tali rafia bulan pertama LPS sebesar 0,98%/hari, bulan ke-dua 1,25%/hari, bulan ke-tiga 1,26%/hari, dan bulan ke-empat 1,12%/hari.



Gambar 3. Dinamika laju pertumbuhan spesifik belut sawah yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia selama penelitian. Data disajikan sebagai rerata (n = 3 baskom per perlakuan; setiap baskom berisi 10 ekor belut).

Kelangsungan Hidup

Data kelangsungan hidup setelah 120 hari diuji normalitasnya dengan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitasnya dengan uji Levene. Hasilnya berturut-turut sebesar 0,010 dan 0,148, yang berarti data tidak berdistribusi normal, namun homogen.



Gambar 4. Kelangsungan hidup belut sawah yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu dan shelter tali rafia selama 120 hari. Data disajikan sebagai rerata ± standar deviasi (n = 3 baskom per perlakuan; setiap baskom berisi 10 ekor belut).

Hasil analisis kelangsungan hidup belut sawah pada akhir penelitian menunjukkan bahwa kelangsungan hidup belut sawah dengan shelter tumbuhan apu-apu lebih tinggi, yakni 96,67 %, sedangkan shelter tali rafia sebesar 93,33%. Uji menggunakan metode Mann-Whitney, salah satu metode nonparametrik, menunjukkan nilai P = 1,00 > 0,05, yang berarti tidak signifikan. Nilai rata-rata kelangsungan hidup pada 120 hari pengamatan, disajikan pada Gambar 4.

Parameter Kualitas Air

Penelitian ini dilakukan selama 120 hari, dan pengambilan data suhu dan pH dilakukan pada awal dan akhir penelitian, yang hasilnya disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kualitas Air pada awal dan akhir penelitian

No	Parameter	Satuan	Hasil pengukuran	Ideal	Sumber Pustaka
1	Suhu	^{o}C	27 – 30 ^{o}C	25 – 34 ^{o}C	Tay et al. 2003
2	pH	-	7 – 8	6 – 9	Effendi, 2003

PEMBAHASAN

Habitat atau tempat hidup belut adalah air tawar, seperti sungai, danau, rawa-rawa, dan sawah, serta menyukai tempat yang dangkal. Media pemeliharaan sangat penting pada proses budidaya. Hal itu disebabkan oleh budidaya yang pada prinsipnya memindahkan kebiasaan hidup belut di alam ke media yang telah direkayasa. Pada lingkungan alami, belut sawah hidup di dalam lumpur dan membuat sebuah lubang pada pematang sawah atau pinggir sungai (Sunarma *et al*., 2011).

Shelter atau tempat perlindungan merupakan komponen penting dalam budidaya belut sawah karena spesies ini memiliki perilaku alami yang menyukai shelter. Keberadaan shelter dapat melindungi belut dari paparan sinar matahari langsung sekaligus mengurangi kontak dan interaksi agresif antarindividu, termasuk kanibalisme. Oleh karena itu, shelter berperan dalam menciptakan kondisi pemeliharaan yang lebih kondusif dan berpotensi meningkatkan pertumbuhan, kelangsungan hidup, serta kesejahteraan ikan (Slavík *et al*., 2012).

Pertumbuhan merupakan gambaran penambahan bobot belut sawah pada akhir pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jenis shelter yang berbeda menghasilkan respons pertumbuhan belut sawah yang berbeda. Pertumbuhan mutlak pada belut yang dipelihara menggunakan shelter tumbuhan apu-apu mencapai 94,16 g, sedangkan pada shelter tali rafia sebesar 69,64 g. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang terbentuk pada masing-masing perlakuan kemungkinan memberikan

pengaruh yang berbeda terhadap performa pertumbuhan belut selama 120 hari pemeliharaan.

Perbedaan respons pertumbuhan yang diperoleh pada penelitian ini diduga berkaitan dengan perbedaan karakteristik fisik dan biologis kedua jenis shelter. Tumbuhan apu-apu merupakan tanaman hidup yang memiliki sistem perakaran dan berpotensi berinteraksi dengan lingkungan perairan, sedangkan tali rafia berfungsi sebagai tempat berlindung tanpa memiliki aktivitas biologis. Namun, penelitian ini tidak mengukur perubahan kondisi lingkungan pemeliharaan maupun mekanisme yang berkaitan dengan penggunaan kedua jenis shelter. Oleh karena itu, hubungan antara karakteristik shelter dan respons pertumbuhan belut yang diamati, masih bersifat dugaan dan memerlukan pembuktian melalui penelitian lebih lanjut.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Firman *et al*. (2018), yang menunjukkan bahwa penggunaan shelter tumbuhan apu-apu menghasilkan pertumbuhan belut sawah lebih tinggi dibandingkan beberapa jenis shelter lainnya. Meskipun demikian, perbandingan kedua penelitian perlu dilakukan secara hati-hati karena terdapat perbedaan dalam rancangan percobaan, jenis shelter pembanding, ukuran awal organisme uji, dan lama pemeliharaan. Pada penelitian tersebut, pertumbuhan mutlak tertinggi pada shelter apu-apu mencapai 17,67 g, sedangkan pada penelitian ini, mencapai 94,16 g. Perbedaan tersebut konsisten dengan lama pemeliharaan yang lebih panjang pada penelitian ini (120 hari dibandingkan 100 hari). Faktor lain, perbedaan ukuran awal belut, serta kondisi pemeliharaan yang tidak sepenuhnya sama. Belut yang digunakan pada penelitian ini memiliki bobot awal rata-rata sekitar 25 g per ekor, sedangkan penelitian Firman *et al*. (2018) menggunakan belut dengan bobot rata-rata 37,5-38,25 g. Perbedaan ukuran awal tersebut sejalan dengan pola alokasi energi untuk pertumbuhan. Pada ikan, individu yang belum mencapai kematangan seksual umumnya mengalokasikan proporsi energi yang lebih besar untuk pertumbuhan somatik. Sebaliknya, setelah memasuki fase reproduktif, sebagian energi mulai dialihkan untuk perkembangan gonad sehingga laju pertumbuhan somatik cenderung menurun (Wootton, 1998; Canosa *et al*., 2020).

Laju pertumbuhan spesifik (LPS) belut sawah pada kedua perlakuan menunjukkan pola perubahan yang berbeda selama 120 hari pemeliharaan. Pada shelter tumbuhan apu-apu, LPS menurun dari 1,61%/hari pada hari ke-30 ke 1,33%/hari pada hari ke-60, kemudian meningkat menjadi 1,44%/hari pada hari ke-90, kemudian menurun lagi menjadi 1,33%/hari pada hari ke-120. Sementara itu, LPS pada shelter tali rafia meningkat dari 0,98%/hari pada hari ke-30 ke 1,25%/hari pada hari ke-60, kemudian relatif stabil pada nilai 1,26%/hari pada hari ke-90, kemudian menurun menjadi 1,12%/hari pada hari ke-120. Jika nilai LPS kedua shelter pada hari ke-120 tersebut diuji dengan Independent Samples t-test, tampak bahwa hasil yang lebih tinggi pada shelter apu-apu (1,33 banding 1,12%/hari), berbeda nyata ($P = 0,014 < 0,05$). Hasil tersebut mengindikasikan adanya faktor lain yang lebih dari sekedar fungsi perlindungan yang diberikan oleh shelter apu-apu, yang sesuai dengan publikasi terdahulu dalam kajian ini.

Keunggulan pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik pada shelter apu-apu, secara umum sejalan dengan sejumlah referensi yang melaporkan beberapa kelebihan yang dimiliki tumbuhan apu-apu. Kordi (2014) mengatakan bahwa tumbuhan apu-apu memiliki perakaran yang mampu menjaga kualitas air tetap baik, dan ditambahkan oleh Muktiani (2009) bahwa belut sawah sangat suka dengan perairan yang bersih dan kaya oksigen. Dalam bidang penanggulangan pencemaran, tumbuhan apu-apu telah dilaporkan efektif sebagai tanaman fitoremediator pada sistem *constructed wetland* karena mampu meningkatkan kualitas air yang tercemar hidrokarbon melalui penyerapan dan transformasi berbagai senyawa pencemar (Pratama *et al*., 2024). Wirawan *et al*. (2014) melaporkan bahwa tumbuhan apu-apu memiliki kemampuan menyerap partikel dan ion logam melalui sistem perakarannya sehingga berpotensi berkontribusi terhadap perbaikan kualitas air. Wibowo *et al*. (2023) melaporkan bahwa tumbuhan apu-apu mampu menurunkan BOD hingga 98%, COD hingga 99%, amonia hingga 70%, nitrat hingga 91%, serta beberapa logam berat pada berbagai jenis air limbah. Penggunaan tanaman air dalam sistem budidaya, juga dikonfirmasi

dapat meningkatkan kelangsungan hidup ikan (Amalia *et al*., 2014). Pada penelitian ini, tidak ada pengukuran parameter BOD, COD, nitrat, amoniak, sehingga manfaat fitoremediasi dari tumbuhan apu-apu tidak dapat diuji. Pengutipan hasil-hasil penelitian tersebut hanya bertujuan sebagai dasar teoritis saja. Oleh karena itu, keunggulan shelter tumbuhan apu-apu dalam penelitian ini tidak dapat dikaitkan dengan fungsi fitoremediasinya karena aspek tersebut tidak diukur. Keunggulan tersebut lebih tepat dipandang sebagai hasil kombinasi karakteristik fisik shelter apu-apu dan kondisi pemeliharaan yang terbentuk selama penelitian.

Pola perubahan laju pertumbuhan spesifik selama pemeliharaan menunjukkan bahwa nilai pertumbuhan tidak selalu meningkat seiring bertambahnya waktu. Pada kedua perlakuan, terjadi fluktuasi nilai LPS antarperiode pengamatan. Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi, antara lain ukuran tubuh, kualitas dan kuantitas pakan, kondisi lingkungan pemeliharaan, serta kompetisi antarindividu dalam memperoleh pakan (Jobling, 1994; National Research Council [NRC], 2011).

Memasuki bulan ketiga, dilakukan pergantian jenis pakan dari cacing tanah menjadi keong mas. Cacing tanah memiliki kandungan protein relatif tinggi, yaitu sekitar 64 sampai 76% (Herawati *et al*., 2017), sedangkan tepung keong mas mengandung protein sekitar 51% (Anderson *et al*., 2004). Penurunan kandungan protein tersebut konsisten dengan penurunan laju pertumbuhan spesifik pada periode hari ke-90 hingga hari ke-120. Protein merupakan nutrien utama yang berfungsi sebagai penyusun jaringan tubuh baru, sehingga kecukupan protein pakan sangat menentukan laju pertumbuhan ikan (NRC, 2011). Menurut Halver dan Hardy (2002), apabila kadar protein yang tersedia dalam pakan menurun, maka jumlah asam amino yang dapat dimanfaatkan untuk sintesis protein tubuh juga berkurang sehingga laju pertumbuhan cenderung menurun.

Namun demikian, penurunan LPS pada penelitian ini tidak dapat dijelaskan hanya oleh perubahan kandungan protein pakan. Kandungan protein keong mas sekitar 51% sebenarnya masih berada pada kisaran kebutuhan protein beberapa jenis ikan karnivora dan omnivora yang memerlukan protein sekitar 40 sampai 55% untuk mendukung pertumbuhan optimum (NRC, 2011). Penurunan LPS dapat dikaitkan dengan sejumlah faktor yang saling berinteraksi; dan bukan semata-mata akibat penurunan kadar protein pakan.

Faktor lain yang sejalan dengan penurunan laju pertumbuhan spesifik adalah terjadinya mortalitas selama periode pemeliharaan. Pada hari ke-90 tercatat kematian sebanyak satu ekor pada perlakuan shelter apu-apu dan dua ekor pada perlakuan shelter tali rafia. Mortalitas yang terjadi mengindikasikan bahwa kondisi pemeliharaan belum sepenuhnya optimal bagi seluruh individu. Kondisi tidak optimal ini juga akan tercermin pada penurunan performa pertumbuhan ikan yang masih hidup. Stres berkepanjangan pada ikan, baik itu karena kompetisi, kualitas lingkungan, maupun adaptasi terhadap perubahan pakan, dapat menekan nafsu makan dan efisiensi metabolisme sehingga pertumbuhan ikan menjadi lebih lambat (Barton, 2002; Wedemeyer, 1996).

Secara deskriptif, perlakuan shelter tali rafia yang mengalami mortalitas lebih tinggi juga menunjukkan penurunan LPS yang lebih besar, yaitu dari 1,26 menjadi 1,12%/hari (penurunan 0,14%/hari), sedangkan pada shelter apu-apu penurunan LPS hanya sebesar 0,11%/hari. Meskipun pola tersebut menunjukkan kecenderungan yang searah, penelitian ini belum dirancang untuk menguji hubungan kausal antara mortalitas dan laju pertumbuhan. Oleh karena itu, mortalitas lebih tepat dipandang sebagai salah satu indikator adanya tekanan selama pemeliharaan yang konsisten dengan terjadinya penurunan pada laju pertumbuhan spesifik.

Hasil pengamatan tingkat kelangsungan hidup belut sawah dengan menggunakan shelter tumbuhan apu-apu sebesar 96,67%, sedangkan dengan shelter tali rafia 93,33%. Hasil uji dengan Mann-Whitney menunjukkan tidak berbeda nyata ($P = 0,678 > 0,05$). Hasil ini diduga karena dari segi fungsi, kedua jenis shelter dapat berperan sebagai tempat persembunyian dan tempat berlindung yang baik untuk belut sawah.

Nilai kelangsungan hidup yang relatif tinggi pada perlakuan shelter apu-apu diperkirakan berhubungan dengan kontribusi dari struktur perakarannya yang mampu mentolerir dan mengendapkan partikel tersuspensi, seperti sisa pakan dan kotoran, secara mekanis. Hal ini sejalan dengan penjelasan Fachrurozi *et al*. (2010), bahwa akar apu-apu memiliki kemampuan fisik dalam menyaring dan mengikat lumpur atau partikel padat di badan air. Sementara itu, Bianingrum *et al*. (2020) merekomendasikan tali rafia sebagai substrat buatan tempat tumbuh perifiton pada sistem pendederan ikan nila. Jenis-jenis perifiton yang kaya nutrien dan menjadi pakan alami ikan pada pendederan, tumbuh dengan baik pada substrat tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan tali rafia berbahan polipropilena terbukti aman digunakan dalam aktivitas akuakultur tanpa memberikan dampak toksik yang merugikan biota uji. Nilai tingkat kelangsungan hidup pada penelitian ini sebesar 96,67% dan 93,33% juga menunjukkan performa yang cukup baik, kurang lebih sama dengan yang dilaporkan peneliti terdahulu. Mashuri *et al.* (2012) melaporkan tingkat kelangsungan hidup berkisar dari 91,66% sampai 100%. Namun, angka tersebut masih di bawah nilai yang dilaporkan Naimrudin *et al.* (2017), yang tingkat kelangsungan hidupnya mencapai 100%.

Kualitas air yang dipantau pada awal dan akhir penelitian, menunjukkan nilai pH berkisar antara 7 sampai 8, yang masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi belut sawah. Hal ini didukung oleh pernyataan Effendi (2003) bahwa kisaran pH yang optimum untuk ikan pada umumnya berkisar antara 6 sampai 9. Suhu yang diukur pada awal dan akhir penelitian berkisar antara 27–30 °C. Kisaran suhu ini merupakan suhu optimal dalam budidaya karena menurut Tay *et al*. (2003), suhu optimal untuk budidaya belut adalah 25–34 °C.

Kondisi suhu dan pH yang berada dalam kisaran tersebut menunjukkan bahwa lingkungan pemeliharaan pada kedua perlakuan masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh belut sawah. Kondisi kualitas air yang relatif sesuai diduga turut mendukung tingginya tingkat kelangsungan hidup pada kedua perlakuan. Selain itu, keunggulan shelter tumbuhan apu-apu kemungkinan berkaitan dengan kemampuannya menyediakan kondisi pemeliharaan yang lebih mendukung dibandingkan dengan shelter tali rafia. Namun, karena penelitian ini hanya mengukur suhu dan pH pada awal dan akhir pemeliharaan, serta tidak mengevaluasi parameter kualitas air lainnya, maka hubungan antara penggunaan jenis shelter, perubahan kualitas air, dan respons pertumbuhan maupun kelangsungan hidup belut sawah belum dapat dijelaskan secara menyeluruh.

Selain suhu dan pH, parameter lain seperti oksigen terlarut, amonia, nitrit, dan bahan organik berpotensi memengaruhi kondisi pemeliharaan belut sawah. Namun, parameter-parameter tersebut tidak diukur dalam penelitian ini. Oleh karena itu, dugaan bahwa shelter tumbuhan apu-apu menghasilkan kondisi kualitas air yang lebih baik dibandingkan shelter tali rafia perlu dikaji lebih lanjut melalui penelitian yang mengukur parameter kualitas air secara lebih lengkap dan dengan frekuensi pengamatan yang lebih intensif.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasil. Pertama, jumlah ulangan yang digunakan relatif terbatas, yaitu tiga ulangan untuk setiap perlakuan, sehingga variasi biologis yang terjadi antarwadah mungkin belum sepenuhnya terakomodasi. Kedua, selama pemeliharaan terjadi pergantian jenis pakan dari cacing tanah pada dua bulan pertama menjadi keong mas pada dua bulan berikutnya. Meskipun kedua perlakuan menerima jenis, frekuensi, dan dosis pakan yang sama, perubahan jenis pakan tersebut berpotensi memengaruhi pola pertumbuhan belut selama masa pemeliharaan. Ketiga, penelitian ini tidak mengukur tingkat konsumsi pakan sehingga efisiensi pemanfaatan pakan maupun hubungan antara konsumsi pakan dengan pertumbuhan belum dapat dievaluasi. Selain itu, parameter kualitas air yang diamati hanya meliputi suhu dan pH, sehingga pengaruh penggunaan shelter terhadap parameter kualitas air lainnya belum dapat dijelaskan secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya

disarankan menggunakan jumlah ulangan yang lebih besar, mengukur konsumsi pakan dan parameter kualitas air secara lebih lengkap, serta mengevaluasi efektivitas berbagai jenis shelter pada kondisi pemeliharaan, kepadatan tebar, dan skala budidaya yang berbeda, termasuk untuk penerapan pada sistem *urban aquaculture*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan shelter tumbuhan apu-apu pada sistem budidaya belut sawah tanpa lumpur dalam wadah baskom, mampu menghasilkan pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan shelter tali rafia. Namun demikian, perbedaan jenis shelter tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kelangsungan hidup belut sawah. Oleh karena itu, pemanfaatan shelter tumbuhan apu-apu lebih direkomendasikan sebagai alternatif shelter untuk meningkatkan performa pertumbuhan belut sawah pada sistem budidaya tanpa lumpur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, atas fasilitas dan dukungan teknis selama penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada staf Laboratorium Akuakultur, Unit Pembenihan dan Produksi Ikan, serta Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan atas bantuan selama pelaksanaan penelitian. Artikel ini merupakan bagian dari skripsi sarjana Wardiman Malaka pada Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Halu Oleo.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, F., Nirmala, K., Harris, E., & Widiyanto, T. (2014). Kemampuan *Lemna perpusilla* Torr. sebagai fitoremediator untuk menyerap limbah nitrogen dalam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) di sistem resirkulasi. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, *21*(2), 185–192.

Anderson, A., Mather, P., & Richardson, N. (2004). Nutrition of the mud crab, *Scylla serrata* (Forsskål). In G. Allan & D. Fielder (Eds.), *Mud crab aquaculture in Australia and Southeast Asia* (ACIAR Working Paper No. 54, pp. 57–60). Australian Centre for International Agricultural Research.

Barton, B. A. (2002). Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42(3), 517–525.

Bianingrum, N., Nirmala, K., Setiawati, M., & Hastuti, Y. P. (2020). Pertumbuhan perifiton pada substrat tali rafia yang berpotensi sebagai pakan alami di lingkungan pendederan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 15(4), 237–244. https://doi.org/10.15578/jra.15.4.2020.237-244

Canosa, L. F., & Bertucci, J. I. (2020). Nutrient regulation of somatic growth in teleost fish: The interaction between somatic growth, feeding and metabolism. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 518, 111029. https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.111029

Candra, C., Asma, R., Adawyah, R., Puspitasari, F., & Rujani, A. (2022). Potential availability and freshness level of field eel (*Monopterus albus* Zuiew) in supply chain in five markets area of the City of Banjarbaru. *Fish Scientiae: Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 111–120. https://doi.org/10.20527/fishscientiae.v12i2.197

Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.

Effendie, M. I. (1997). *Biologi perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.

Effendi, I., Bugri, N. J., & Widanarni. (2007). Pengaruh padat penebaran terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) ukuran 2 cm. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 5(2), 127–135.

Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh variasi biomassa Pistia stratiotes L. terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Daulan*, 4(1), 1–15.

Firman, F., Idris, M., & Astuti, O. (2018). Pengaruh shelter yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup belut sawah (*Monopterus albus*) yang dipelihara pada media tanpa lumpur. *Media Akuatika*, 3(3), 702–712.

Halver, J. E., & Hardy, R. W. (2002). *Fish nutrition* (3rd ed.). Academic Press.

Hara, T. J. (1994). Olfaction and gustation in fish: An overview. *Acta Physiologica Scandinavica*, 152(2), 207–217.

Herawati, V. E., Nugroho, R. A., Yuniarti, T., Hapsari, T. D., Pinandoyo, & Hutabarat, J. (2017). Analysis of different natural feed consumption on growth and survival rate of eel (*Monopterus albus*) in clear water system. *Aquasains: Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 5(2), 489–494.

Huet, M. (1970). *Textbook of fish culture: Breeding and cultivation of fish*. Fishing News (Books) Ltd.

JASP Team. (2024). *JASP* (Version 0.18) [Computer software]. University of Amsterdam. https://jasp-stats.org/

Jobling, M. (1994). *Fish bioenergetics*. Chapman & Hall.

Kordi, M. G. H. (2014). *Budi daya belut di media air secara organik*. Lily Publisher.

Mashuri, Sumarjan, & Abidin, Z. (2012). Pengaruh jenis pakan yang berbeda terhadap pertumbuhan belut sawah (*Monopterus albus* Zuiew). *Jurnal Perikanan Universitas Mataram*, 1(1), 1–7.

Muktiani. (2009). *Seri peternakan modern: Mengguluti bisnis belut sawah*. Pustaka Baru Press.

Naimrudin, N., Idris, M., & Hamzah, M. (2017). Pengaruh pemberian pakan cacing tanah dengan rezim pakan berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup belut sawah (*Monopterus albus*). *Media Akuatika*, 2(4), 526–533.

Noor, H. F., Lilimantik, E., & Agusliani, E. (2025). Analysis of eel (*Monopterus albus*) export development strategy in South Kalimantan Province. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 27(7), 76–83. https://doi.org/10.9734/ajfar/2025/v27i7952

National Research Council. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academies Press.

Pratama, S. Y., Purwoko, & Yani, M. (2024). Penanganan air tawar tercemar hidrokarbon menggunakan constructed wetland dengan tanaman *Pistia stratiotes* [Undergraduate thesis, IPB University]. IPB University Repository. https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/157870

Slavík, O., Maciak, M., & Horký, P. (2012). Shelter use of familiar and unfamiliar groups of juvenile European catfish (*Silurus glanis*). *Applied Animal Behaviour Science*, 142(1–2), 116–123. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.09.003

Sunarma, A., Sucipto, A., & Mu'minah, S. (2011). *Kajian teknik budidaya belut (Monopterus albus)* tanpa media lumpur. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar Sukabumi

Tay, A. S. F., Chew, Y. K., & Ip, Y. K. (2003). The swamp eel *Monopterus albus* reduces endogenous ammonia production and detoxifies ammonia to glutamine during 144 h of aerial exposure. *The Journal of Experimental Biology*, 206, 2473–2486. https://doi.org/10.1242/jeb.00409

Wedemeyer, G. A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall.

Wibowo, Y. G., Nugraha, A. T., & Rohman, A. (2023). Phytoremediation of several wastewater sources using *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* in Indonesia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100781. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100781

Wirawan, W. A., Wirosoedarmo, R., & Susanawati, L. D. (2014). Pengolahan limbah cair domestik menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan teknik tanam hidroponik sistem DFT (Deep Flow Technique). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 63–70.

Wootton, R. J. (1998). *Ecology of teleost fishes* (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.

Yusriadi, A., Idris, M., & Patadjai, R. S. (2017). Pengaruh pergantian air terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup belut sawah (*Monopterus albus*) pada media kultur tanpa lumpur. *Media Akuatika*, 2(4), 519–525.