



## Perbandingan Pakan Alami Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)

Mohammad Ilyas Yunus<sup>1</sup>, Dewi Shinta Achmad<sup>2\*</sup>, Indri Afriani Yasin<sup>3</sup>, Tusaban<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Program Studi Akuakultur, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Indonesia.

\*Penulis Korespondensi: [dewishintaachmad@umgo.ac.id](mailto:dewishintaachmad@umgo.ac.id)

**Abstract.** Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture requires an efficient and low-cost feeding strategy that can support fry growth and survival. This study aimed to analyze the effects of three types of natural feed, namely silk worms, earthworms, and snails, on absolute length growth, absolute weight growth, and survival of Nile tilapia fry. The study was conducted at the Aquaculture Laboratory, Faculty of Science and Computer Science, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, from January 31 to March 2, 2026. An experimental method was applied using a Completely Randomized Design consisting of three treatments and three replications. A total of 45 Nile tilapia fry were reared in 9 plastic containers filled with 10 L of water, with 5 fish in each container. Growth and survival data were analyzed using ANOVA at the 5% significance level, while water quality was analyzed descriptively. The results showed that the type of natural feed had no significant effect on absolute length growth, absolute weight growth, and survival. Descriptively, silk worms produced the highest length and weight growth, with values of 2.99 cm and 6.37 g, respectively. Snails produced the highest survival rate of 86.66%. Water quality remained stable, with temperature ranging from 26.3 to 26.8°C, pH from 7.6 to 7.9, and dissolved oxygen from 5.2 to 5.6 mg/L. These findings indicate that silk worms are potential natural feed for improving growth, while snails support the survival of Nile tilapia fry.

**Keywords:** Growth; Nile Tilapia; Silk Worms; Snails; Survival.

**Abstrak.** Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memerlukan strategi penyediaan pakan yang efisien, murah, dan tetap mampu mendukung pertumbuhan serta kelangsungan hidup benih. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tiga jenis pakan alami, yaitu cacing sutra, cacing tanah, dan bekicot, terhadap pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan berat mutlak, dan kelangsungan hidup benih ikan nila. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Akuakultur, Fakultas Sains dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, pada 31 Januari hingga 2 Maret 2026. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap, terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan. Sebanyak 45 ekor benih ikan nila dipelihara dalam 9 wadah plastik berisi 10 L air, dengan 5 ekor ikan per wadah. Data pertumbuhan dan kelangsungan hidup dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf 5%, sedangkan kualitas air dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pakan alami tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak, berat mutlak, dan kelangsungan hidup. Secara deskriptif, cacing sutra menghasilkan pertumbuhan panjang dan berat tertinggi, masing-masing 2,99 cm dan 6,37 g. Bekicot menghasilkan kelangsungan hidup tertinggi sebesar 86,66%. Kualitas air tetap stabil, dengan suhu 26,3–26,8°C, pH 7,6–7,9, dan oksigen terlarut 5,2–5,6 mg/L. Temuan ini menunjukkan bahwa cacing sutra potensial untuk meningkatkan pertumbuhan, sedangkan bekicot mendukung sintasan benih ikan nila.

**Kata Kunci:** Bekicot; Cacing Sutra; Ikan Nila; Kelangsungan Hidup; Pertumbuhan.

### 1. LATAR BELAKANG

Perikanan merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan pangan dan ekonomi Indonesia karena berperan dalam penyediaan protein hewani, penciptaan lapangan kerja, penguatan pendapatan masyarakat pesisir, dan stabilitas sistem pangan nasional. Peran ini menjadi semakin penting karena Indonesia memiliki karakter geografis sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau dan wilayah perairan sekitar 6,4 juta km<sup>2</sup>, sehingga potensi sumber daya ikan sangat besar dan beragam. Secara global, sektor perikanan dan akuakultur diakui sebagai komponen penting dalam pangan, gizi, dan pekerjaan, dengan

proyeksi produksi perikanan tangkap dunia dapat mencapai 96 juta ton pada tahun 2030 (FAO, 2022). Di tingkat nasional, potensi sumber daya ikan Indonesia diperkirakan sekitar 12,01 juta ton per tahun di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia, sehingga pengelolaan perikanan tangkap perlu menjaga keseimbangan antara manfaat ekonomi dan keberlanjutan stok (Triyanti et al., 2025). Dalam konteks tersebut, ikan pelagis kecil memiliki posisi penting karena umumnya tersedia dalam jumlah besar, mudah diakses oleh masyarakat, berharga relatif terjangkau, serta berkontribusi terhadap konsumsi pangan akuatik, pengolahan, perdagangan, dan distribusi pangan di kawasan pesisir maupun wilayah yang jauh dari sumber air (FAO, 2023).

Ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) merupakan salah satu ikan pelagis kecil yang penting dalam perikanan Indonesia. Spesies ini tergolong ikan pelagis-neritik Indo-Pasifik dengan kisaran kedalaman 0–50 m, panjang maksimum 19,0 cm TL, panjang umum 11,0 cm SL, dan estimasi panjang matang pertama sekitar 12,3 cm (FishBase, 2026). Secara ekologis, ikan tembang berperan dalam rantai makanan perairan karena memanfaatkan plankton dan krustase kecil, sedangkan secara sosial ekonomi spesies ini banyak dikonsumsi, diperdagangkan, dan diolah oleh masyarakat lokal. Perikanan skala kecil Indonesia sendiri melibatkan sekitar 2,5 juta rumah tangga produksi dan menjadi sumber penting mata pencaharian, pangan, gizi, serta kesejahteraan komunitas pesisir, meskipun masih rentan terhadap kemiskinan, perubahan iklim, dan penurunan kesehatan ekosistem (Stacey et al., 2021). Pada komunitas pulau perikanan Indonesia, konsumsi dan panen ikan diketahui banyak ditopang oleh ikan pelagis kecil dari awak komersial, sementara nelayan skala kecil tetap berperan penting ketika periode tangkapan rendah (Fitriana et al., 2022). Dengan demikian, keberlanjutan ikan tembang tidak hanya berkaitan dengan aspek biologis stok, tetapi juga dengan ketahanan sosial ekonomi masyarakat pesisir yang bergantung pada hasil tangkapan.

Meskipun memiliki nilai penting, sumber daya ikan pelagis kecil sangat rentan terhadap tekanan penangkapan karena umumnya memiliki siklus hidup cepat, ukuran tubuh relatif kecil, dan dinamika populasi yang sensitif terhadap variasi lingkungan maupun intensitas eksploitasi. Literatur menunjukkan bahwa sardin dan herring tropis cenderung matang pada ukuran relatif kecil, rata-rata sekitar 69% dari panjang maksimum, dan umumnya mencapai kematangan pada usia sekitar 12 bulan, meskipun dapat bervariasi antara 6 bulan hingga 2 tahun (Hunnam, 2021). Untuk kelompok flat-bodied *Sardinella*, termasuk *S. fimbriata* dan *S. gibbosa*, ukuran matang pertama dilaporkan berkisar rata-rata 13,8–15,5 cm TL, sehingga informasi ukuran matang gonad menjadi acuan penting dalam penentuan ukuran tangkap minimum (Hunnam, 2021). Di sisi lain, peningkatan intensitas penangkapan di perairan pesisir dapat mengubah struktur

ukuran populasi, terutama apabila alat tangkap yang digunakan memiliki selektivitas terbatas dan menangkap berbagai kelompok ukuran, termasuk individu juvenil. Kondisi ini berpotensi mengurangi kesempatan ikan untuk tumbuh dan bereproduksi sebelum tertangkap, yang pada akhirnya dapat menekan kemampuan regenerasi populasi.

Permasalahan tersebut relevan dengan kondisi perikanan di Perairan Kwandang, Kabupaten Gorontalo Utara, yang merupakan salah satu wilayah penting bagi pemanfaatan ikan pelagis kecil. Produksi ikan pelagis di Kabupaten Gorontalo Utara mencapai 18.420 ton pada tahun 2023, dengan ikan tembang berkontribusi sekitar 28% dari total tangkapan. Namun, hasil tangkapan selama lima tahun terakhir dilaporkan fluktuatif, sehingga mengindikasikan perlunya evaluasi biologis yang lebih terarah. Pada saat yang sama, tingkat pemanfaatan sumber daya ikan pelagis kecil di Teluk Tomini telah mencapai 95% dari potensi lestari pada tahun 2023 dan dikategorikan sebagai *fully exploited*. Status ini menunjukkan bahwa ruang peningkatan eksploitasi semakin terbatas dan pengelolaan harus lebih berhati-hati. Pengalaman dari perikanan sarden di Selat Bali memperlihatkan bahwa penurunan stok ikan pelagis kecil dapat berdampak nyata terhadap mata pencaharian nelayan artisanal maupun komersial (Ferse et al., 2021). Dalam konteks Asia Tenggara, transformasi kawasan pesisir juga menyebabkan mata pencaharian nelayan kecil semakin beragam dan terkomodifikasi, sementara pembangunan maritim dapat memengaruhi akses masyarakat terhadap sumber daya pesisir (Arias Schreiber et al., 2022). Oleh sebab itu, pengelolaan ikan tembang membutuhkan informasi biologis yang mampu mendeteksi tekanan pemanfaatan secara dini.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi pemanfaatan stok ikan tembang adalah analisis struktur ukuran populasi, tingkat kematangan gonad, dan ukuran pertama kali matang gonad atau  $L_{50}$ . Struktur ukuran memberikan gambaran mengenai komposisi panjang ikan yang tertangkap, sehingga dapat menunjukkan apakah hasil tangkapan didominasi individu kecil, sedang, atau besar. Tingkat Kematangan Gonad (TKG) menggambarkan kondisi reproduktif ikan, sedangkan  $L_{50}$  menunjukkan ukuran saat 50% individu dalam populasi telah mencapai kematangan gonad. Ketiga indikator tersebut penting untuk menilai apakah ikan yang tertangkap telah memiliki kesempatan untuk bereproduksi. Pada *S. fimbriata*, kajian reproduksi di Manila Bay yang menganalisis 5.266 individu memperkirakan  $L_{m50}$  sekitar 12,25 cm pada jantan dan 12,75 cm pada betina, dengan puncak pemijahan pada Februari–Mei (Rivera et al., 2025). Studi di Lawas, Sarawak, melaporkan  $L_{\infty}$  15,61 cm,  $K$  0,97 tahun<sup>-1</sup>,  $Z$  3,23 tahun<sup>-1</sup>,  $M$  2,17 tahun<sup>-1</sup>,  $F$  1,06 tahun<sup>-1</sup>, serta ukuran matang pertama betina 13,50 cm TL, dengan pemijahan utama pada Maret dan Juli (Udupa et al., 2022).

Informasi tersebut menegaskan bahwa ukuran matang gonad dapat berbeda antarwilayah dan perlu diukur secara lokal.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ikan tembang memiliki dinamika biologis yang erat dengan kondisi lingkungan dan tekanan pemanfaatan. Reproduksi dan distribusi *S. fimbriata* dipengaruhi variabilitas oseanografi; indeks gonadosomatik dilaporkan lebih tinggi pada musim monsun Juni–September, sementara juvenil lebih banyak ditemukan pada periode pascamonsun bersamaan dengan konsentrasi klorofil yang tinggi (Ghosh et al., 2019). Di Selat Bali, analisis terhadap 1.471 sampel *S. fimbriata* menunjukkan rasio kelamin 55% jantan dan 45% betina, serta memperlihatkan bahwa peningkatan produksi dapat memicu risiko overfishing (Ginzel, 2019). Studi yang sama melaporkan kondisi overfishing dengan tingkat eksploitasi  $E = 0,79$ , mortalitas total  $Z = 6,41$ , mortalitas penangkapan  $F = 5,03$ , mortalitas alami  $M = 1,38$ , serta  $L_m$  11,95 cm untuk jantan dan 10,79 cm untuk betina (Ginzel, 2019). Data struktur ukuran dari Muara Angke menunjukkan panjang total *S. fimbriata* 120–160 mm dan berat 20–45 g, yang mengindikasikan bahwa sebagian individu telah memasuki proses pematangan gonad (Kurniawan et al., 2023). Sementara itu, kajian ukuran layak tangkap pada 637 ikan tembang mencatat panjang total 10–14,5 cm dengan rata-rata  $12,029 \pm 0,926$  cm, dan menilai kelayakan tangkap melalui perbandingan ukuran rata-rata tertangkap dengan ukuran pertama matang gonad (Putri et al., 2023).

Meskipun penelitian mengenai *S. fimbriata* telah membahas aspek pertumbuhan, hubungan panjang-berat, dinamika populasi, reproduksi, dan ukuran layak tangkap di beberapa wilayah, kajian yang secara khusus menghubungkan struktur ukuran, komposisi TKG, dan status pemanfaatan ikan tembang di Perairan Kwandang masih terbatas. Kesenjangan ini penting karena kondisi pemanfaatan di setiap wilayah dapat berbeda akibat variasi tekanan penangkapan, karakter alat tangkap, musim, ketersediaan makanan, serta kondisi oseanografi lokal. Perikanan data-terbatas membutuhkan indikator biologis yang sederhana, terukur, dan dapat diterapkan secara praktis untuk mendukung pengelolaan. Pengembangan sistem logbook perikanan skala kecil di Indonesia telah diarahkan untuk memperbaiki reliabilitas data tangkapan, kapasitas kelembagaan, dan pemantauan perikanan (Wiyono et al., 2021). Namun, data tangkapan perlu dilengkapi dengan informasi biologis seperti ukuran panjang, TKG, dan  $L_{50}$  agar status pemanfaatan dapat dinilai lebih komprehensif. Variasi spasial-temporal perikanan pelagis kecil juga perlu dipertimbangkan karena sumber daya pelagis kecil di Laut Jawa, misalnya, menyumbang sekitar 26,6% dari total sumber daya perikanan laut dan dipengaruhi perubahan oseanografi musiman (Sari et al., 2023). Dengan demikian, analisis lokal di Perairan Kwandang menjadi penting untuk memperkuat dasar ilmiah pengelolaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur ukuran populasi ikan tembang (*Sardinella fimbriata*), mengidentifikasi komposisi Tingkat Kematangan Gonad dan hubungannya dengan ukuran panjang, serta mengevaluasi status pemanfaatan sumber daya berdasarkan struktur ukuran dan ukuran pertama kali matang gonad di Perairan Kwandang. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi indikator struktur ukuran, TKG, dan  $L_{50}$  sebagai dasar evaluasi biologis terhadap pemanfaatan ikan tembang pada wilayah yang telah menunjukkan tekanan eksploitasi tinggi. Hipotesis operasional penelitian ini adalah bahwa sebagian ikan tembang yang tertangkap belum mencapai ukuran matang gonad, sehingga dominasi tangkapan di bawah  $L_{50}$  dapat mengindikasikan kecenderungan *growth overfishing*. Secara akademik, penelitian ini diharapkan memperkuat penerapan indikator biologis dalam pengelolaan ikan pelagis kecil. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar pertimbangan ukuran tangkap minimum dan strategi pengelolaan di Perairan Kwandang. Secara sosial ekonomi, informasi ini relevan untuk menjaga ketersediaan sumber daya ikan, stabilitas hasil tangkapan, dan keberlanjutan mata pencaharian masyarakat pesisir. Dalam perspektif etika, pemanfaatan ikan secara berkelanjutan juga sejalan dengan prinsip menjaga keseimbangan alam, menghindari kerusakan sumber daya, dan memastikan manfaat perikanan tetap tersedia bagi generasi berikutnya.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Biologi dan Taksonomi Ikan Tembang

Ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) merupakan ikan pelagis kecil dari famili Clupeidae yang memiliki nilai ekologis, ekonomis, dan sosial penting dalam sistem perikanan tropis. Spesies ini hidup bergerombol, bermigrasi, dan menempati perairan pantai dangkal, sehingga sangat terkait dengan aktivitas penangkapan nelayan pesisir. Dalam taksonomi, ikan tembang termasuk Kingdom Animalia, Phylum Chordata, Class Actinopterygii, Order Clupeiformes, Family Clupeidae, Genus *Sardinella*, dan Species *Sardinella fimbriata*. Istilah “sardin” sering digunakan secara umum untuk beberapa ikan pelagis kecil Clupeidae, tetapi ikan tembang merujuk secara lebih spesifik pada *S. fimbriata*, sehingga identifikasi ilmiah penting untuk menghindari kekeliruan dalam statistik tangkapan dan kajian biologi. Kesulitan taksonomi pada clupeid Indo-West Pacific cukup tinggi karena banyak spesies memiliki kemiripan morfologis, sementara perikanan skala kecil kerap menangkap beberapa spesies secara campuran sehingga mengurangi reliabilitas data spesies (Hunnam, 2021). Menurut Sofiyah 2017 dalam Saanin (1984), ikan nila dapat diklasifikasikan secara ilmiah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Chordata</i>
Subfilum	: <i>Vertebrata</i>
Kelas	: <i>Osteichthyes</i>
Subkelas	: <i>Acanthopterygi</i>
Ordo	: <i>Percororphi</i>
Subordo	: <i>Percoidea</i>
Famili	: <i>Cichlidae</i>
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i>



**Gambar 1.** Ikan Nila.

Secara morfologis, *S. fimbriata* memiliki tubuh pipih memanjang, warna keperakan, punggung kebiruan, garis lateral yang tampak jelas, serta ukuran tubuh relatif kecil. Panjang maksimum ikan tembang umumnya berkisar 17–20 cm dengan berat rata-rata 50–100 g. FishBase melaporkan ciri diagnostik *S. fimbriata* berupa tubuh relatif dalam dengan kedalaman tubuh 28,0–33,2% dari panjang standar, 18–19 jari-jari lunak sirip dorsal, 18–20 jari-jari lunak sirip anal, sisik perut prepelvik dan postpelvik 17–18 + 11–12, serta 65–81 tapis insang bawah (FishBase, 2026). Spesies ini tergolong ikan laut dan payau pelagis-neritik yang tersebar di perairan tropis Indo-West Pacific, terutama di perairan pantai dangkal, sehingga rentan terhadap aktivitas penangkapan yang terpusat di sekitar daerah pendaratan dan kawasan penangkapan pesisir (FishBase, 2026). Di Indonesia, ikan tembang dilaporkan terdapat di Laut Jawa, Laut Flores, Teluk Bone, Teluk Tomini, dan Selat Makassar, termasuk wilayah Perairan Kwandang yang berada dalam pengaruh ekologis Teluk Tomini.

Secara ekologis, ikan tembang berperan sebagai konsumen tingkat menengah yang memanfaatkan fitoplankton dan zooplankton, sekaligus menjadi mangsa penting bagi predator pelagis seperti tuna, tongkol, dan cakalang. Perannya sejalan dengan karakter ikan pelagis kecil yang menjadi komponen utama jejaring makanan laut, mendukung perikanan bernilai ekonomi, serta berkontribusi pada ketahanan pangan global (Peck et al., 2021). Ikan pelagis kecil umumnya memiliki waktu generasi pendek dan sangat terhubung dengan tingkat trofik rendah, sehingga populasinya dapat menunjukkan dinamika naik-turun yang kuat sebagai respons terhadap variabilitas iklim dan kondisi lingkungan (Peck et al., 2021). Habitat ikan tembang umumnya berada di perairan pantai hingga kedalaman sekitar 50 m, pada perairan bersalinitas tinggi dengan suhu 26–31°C dan ketersediaan plankton yang memadai. Kondisi Teluk Tomini yang semi-tertutup, produktif, dipengaruhi masukan nutrien, dan memiliki arus relatif stabil menjadikan Perairan Kwandang sebagai habitat potensial bagi ikan tembang.

Biologi ikan tembang ditandai oleh masa hidup relatif pendek, sekitar 1–2 tahun, pertumbuhan cepat pada tahun pertama, dan kematangan gonad pada ukuran relatif kecil. Sardin dan herring tropis umumnya matang pada sekitar 69% dari panjang maksimum dan mencapai kematangan pada usia sekitar 12 bulan, walaupun dapat bervariasi antara 6 bulan hingga 2 tahun (Hunnam, 2021). Pada kelompok flat-bodied *Sardinella*, termasuk spesies yang berkaitan dengan *S. fimbriata*, ukuran matang pertama dilaporkan sekitar 13,8–15,5 cm TL (Hunnam, 2021). Namun, pengetahuan tentang flat-bodied *Sardinella* masih lebih terbatas dibandingkan round-bodied *Sardinella* seperti *S. longiceps* dan *S. lemuru*, meskipun flat-bodied *Sardinella* menyumbang sekitar 29% produksi tahunan clupeid laut Indo-West Pacific pada 2008–2017, sementara round-bodied *Sardinella* menyumbang 58% (Hunnam, 2021). Kesenjangan ini menegaskan pentingnya kajian lokal mengenai struktur ukuran dan reproduksi ikan tembang.

### **Struktur Ukuran Ikan**

Struktur ukuran ikan merupakan distribusi panjang atau berat individu dalam suatu populasi yang menggambarkan komposisi umur, tingkat pertumbuhan, rekrutmen, serta tekanan penangkapan. Pada populasi yang relatif seimbang, distribusi ukuran cenderung mencakup proporsi ikan muda, dewasa, dan tua secara lebih proporsional. Sebaliknya, penangkapan intensif dapat menggeser struktur ukuran ke arah individu kecil karena ikan berukuran besar dan dewasa lebih dahulu tertangkap sebelum memijah. Pergeseran tersebut merupakan sinyal biologis penting karena berhubungan dengan kapasitas populasi untuk mempertahankan regenerasi. Ikan pelagis kecil sangat sensitif terhadap perubahan struktur

ukuran karena memiliki siklus hidup cepat, mortalitas alami tinggi, dan ketergantungan besar pada keberhasilan rekrutmen tahunan. Persistensi populasi ikan pelagis kecil di Atlantik Eropa, misalnya, sangat dipengaruhi rekrutmen, dengan elastisitas rekrutmen lebih tinggi pada spesies yang matang lebih awal dan memiliki pertumbuhan somatik cepat (Otero & Hidalgo, 2023).

Analisis struktur ukuran biasanya dilakukan menggunakan data panjang total atau panjang baku ikan hasil tangkapan. Data tersebut dapat digunakan untuk menyusun distribusi frekuensi panjang, menghitung hubungan panjang-berat, mengestimasi parameter pertumbuhan, dan membandingkan ukuran tertangkap dengan ukuran matang gonad. Hubungan panjang-berat umum dinyatakan dengan persamaan  $W = aL^b$ , dengan nilai  $b$  mendekati 3 menunjukkan pertumbuhan isometrik, sedangkan  $b$  kurang atau lebih dari 3 menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif atau positif. Studi di Pulau Rote, Laut Sawu, terhadap 1.095 sampel *S. fimbriata* yang dikumpulkan pada Agustus–November 2021 mencatat kisaran panjang 90–157 mm TL dan pola pertumbuhan alometrik negatif dengan persamaan  $W = 0,0004L^{2,2523}$  (Ginzel et al., 2022). Di Muara Angke, *S. fimbriata* yang tertangkap mini purse seine memiliki panjang total 120–160 mm dan berat 20–45 g, dengan pola pertumbuhan alometrik negatif yang diinterpretasikan berkaitan dengan kondisi pesisir dan tekanan penangkapan (Kurniawan et al., 2023). Parameter panjang-berat dan faktor kondisi juga dinilai penting untuk mengevaluasi pola pertumbuhan, kondisi tubuh ikan, dan kesehatan populasi *S. fimbriata* di Teluk Benggala (Mollik & Sultana, 2023).

Struktur ukuran menjadi indikator kelestarian pemanfaatan karena dapat menunjukkan apakah hasil tangkapan didominasi ikan yang telah mencapai fase reproduktif atau justru ikan yang masih muda. Jika sebagian besar ikan yang tertangkap lebih kecil dari ukuran matang gonad, populasi dapat mengalami tekanan eksploitasi yang mengarah pada *growth overfishing*. Dalam kajian di Pulau Rote, parameter populasi *S. fimbriata* mencakup  $L_{\infty} = 165,26$  mm,  $L_c = 96,98$  mm TL,  $Z = 2,41$  tahun<sup>-1</sup>,  $M = 1,45$  tahun<sup>-1</sup>,  $F = 0,97$  tahun<sup>-1</sup>, dan  $E = 0,40$  tahun<sup>-1</sup>; meskipun nilai  $E$  belum melebihi 0,5, stok tersebut dinilai mendekati kondisi eksploitasi berlebih (Ginzel et al., 2022). Studi lain di Selat Bali bahkan melaporkan tingkat eksploitasi  $E = 0,79$ ,  $Z = 6,41$ ,  $F = 5,03$ ,  $M = 1,38$ , serta  $L_m$  11,95 cm jantan dan 10,79 cm betina, menunjukkan kondisi overfishing pada *S. fimbriata* (Ginzel, 2019). Temuan-temuan tersebut mendukung penggunaan struktur ukuran sebagai indikator awal tekanan pemanfaatan.

### **Tingkat Kematangan Gonad**

Tingkat Kematangan Gonad (TKG) merupakan parameter biologis yang menggambarkan status reproduksi ikan berdasarkan perkembangan gonad. Gonad jantan menghasilkan sperma, sedangkan gonad betina menghasilkan telur melalui tahapan fisiologis yang berurutan. Perkembangan gonad dipengaruhi oleh umur, panjang tubuh, kondisi lingkungan, ketersediaan makanan, dan musim pemijahan. Secara konvensional, kematangan gonad ikan dapat diklasifikasikan ke dalam lima tahap, yaitu immature, maturing, mature, spawning, dan spent, atau dalam sistem stadium I–V. Dalam penelitian lapangan dengan jumlah sampel besar, klasifikasi dapat disederhanakan menjadi dua kategori, yaitu belum matang dan matang, berdasarkan pengamatan morfologis gonad. Pendekatan ini efisien untuk survei perikanan, meskipun hasilnya perlu ditafsirkan secara hati-hati karena ketelitian makroskopis lebih rendah dibandingkan analisis histologis.

Pengamatan makroskopis gonad dilakukan melalui ukuran, bentuk, warna, tekstur, dan perkembangan visual gonad. Gonad matang biasanya lebih besar, berkembang, dan memiliki warna lebih jelas dibandingkan gonad belum matang. Studi kematangan ikan sering membutuhkan jumlah sampel besar yang harus diproses cepat, sehingga penentuan TKG secara makroskopis praktis digunakan dalam survei lapangan; namun, validasi histologis tetap lebih akurat, walaupun lebih mahal dan memerlukan waktu lebih lama (Ganga, 2023). Klasifikasi makroskopis memiliki keunggulan karena cepat dan murah, tetapi dapat menghasilkan tingkat kesalahan penentuan stadium yang relatif tinggi; oleh karena itu, histologi berguna untuk memvalidasi tahap kematangan dan mengestimasi ukuran pertama kali matang gonad (Ferreri et al., 2023). Dengan demikian, penggunaan kategori matang dan belum matang dalam penelitian lapangan tetap relevan, terutama jika tujuan utama adalah menggambarkan status reproduktif populasi secara umum.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *S. fimbriata* memiliki pola reproduksi yang bervariasi antarwilayah. Di Malampaya Sound, penelitian terhadap 1.238 ikan pada April 2023–Maret 2024 menemukan rasio kelamin 1:1, individu memijah sepanjang tahun, puncak pemijahan pada April, nilai indeks gonadosomatik tertinggi 7,62%, fekunditas mencapai 18.465 telur, dan puncak pemijahan kecil pada September (Vicente & Palla, 2025). Studi yang sama mencatat ukuran minimum ikan matang 11,0 cm pada jantan dan 11,1 cm pada betina, dengan estimasi panjang matang 11,4 cm untuk jantan dan 8,8 cm untuk betina (Vicente & Palla, 2025). Di Teluk Benggala barat laut, reproduksi *S. fimbriata* dan *S. gibbosa* dilaporkan memiliki ukuran matang pertama sekitar 13 cm TL dan musim pemijahan Mei–Juli (Ghosh et al., 2019). Di Manila Bay, analisis terhadap 5.266 individu *Sardinella* spp. memperkirakan

$L_{m50}$  *S. fimbriata* sekitar 12,25 cm pada jantan dan 12,75 cm pada betina, dengan puncak pemijahan Februari–Mei (Rivera et al., 2025). Proporsi ikan matang gonad yang rendah dalam tangkapan dapat menunjukkan bahwa banyak individu tertangkap sebelum memiliki kesempatan berkontribusi pada pemijahan.

### **Indikator Pemanfaatan Sumber Daya Ikan**

Pemanfaatan sumber daya ikan tidak cukup dinilai dari jumlah tangkapan, tetapi harus mempertimbangkan kondisi biologis populasi yang tertangkap. Tekanan pemanfaatan dapat terlihat dari dominasi ikan kecil, berkurangnya ikan besar, rendahnya proporsi ikan matang gonad, dan nilai panjang pertama tertangkap yang lebih kecil daripada ukuran pertama matang gonad. Struktur ukuran memberikan informasi mengenai kelompok panjang dominan dalam tangkapan, sedangkan TKG menunjukkan proporsi ikan yang telah mencapai fase reproduktif. Kedua indikator ini saling melengkapi karena panjang tubuh berhubungan dengan peluang ikan mencapai kematangan gonad. Apabila hasil tangkapan didominasi ikan kecil dan belum matang, tekanan terhadap individu muda dapat mengganggu regenerasi populasi dan menurunkan keberlanjutan stok dalam jangka panjang.

Ukuran pertama matang gonad atau  $L_{50}$  merupakan ukuran ketika 50% individu dalam populasi telah matang gonad. Nilai ini menjadi acuan untuk menilai apakah ikan yang tertangkap telah mencapai ukuran reproduktif. Jika nilai  $L_c$  lebih rendah daripada  $L_{m50}$ , maka hasil tangkapan cenderung didominasi ikan muda yang belum matang, dan kondisi ini dapat mengarah pada *growth overfishing*. Pendekatan berbasis panjang semakin penting untuk perikanan data-terbatas karena data komposisi panjang lebih mudah dan murah dikumpulkan dibandingkan data lengkap tangkapan, upaya, kelimpahan, atau umur (Cao et al., 2022). Metode LBSPR, misalnya, menggunakan data panjang dan parameter riwayat hidup untuk mengestimasi *spawning potential ratio* pada stok data-terbatas (Cao et al., 2022). Indikator panjang, LBSPR, dan LBB juga terbukti berguna untuk mengevaluasi status stok; pada studi kasus Azores, 15 dari 18 stok menunjukkan kesesuaian antar metode, dengan 45% stok berstatus berkelanjutan, 33% mungkin dalam pemulihan atau overfished, dan 22% mengalami overfishing atau overfished (Jac et al., 2023). Rasio  $L_c/L_m$  juga telah digunakan sebagai indikator eksploitasi yang efektif untuk stok tropis skala kecil dan relevan bagi pengelolaan ikan pelagis kecil (Prince et al., 2015).

Dalam konteks ikan tembang, penggunaan struktur ukuran, TKG, dan  $L_{50}$  dapat membantu mengidentifikasi apakah pemanfaatan masih memberi kesempatan ikan untuk tumbuh dan bereproduksi. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kondisi pemanfaatan *S. fimbriata* dapat berbeda antarwilayah. Di Malampaya Sound, populasi *S. fimbriata* memiliki  $L_{\infty} = 16,28$  cm,  $K = 0,68$  tahun<sup>-1</sup>,  $L_{max} = 15,78$  cm,  $t_0 = -0,5515$  tahun, indeks performa pertumbuhan  $\phi' = 2,256$ ,  $Z = 2,69$  tahun<sup>-1</sup>,  $M = 1,68$  tahun<sup>-1</sup>,  $F = 1,01$  tahun<sup>-1</sup>, dan  $E = 0,38$ , dengan rekrutmen sepanjang tahun dan puncak pada Juni, sehingga menunjukkan eksploitasi relatif ringan (Amorim et al., 2024). Namun, studi lain menunjukkan indikasi tekanan yang lebih tinggi, seperti  $L_c$  lebih kecil daripada  $L_m$ , dominasi ikan belum matang, dan kecenderungan *growth overfishing* pada beberapa lokasi (Putri et al., 2023). Oleh karena itu, penilaian lokal di Perairan Kwandang diperlukan untuk memastikan status pemanfaatan berdasarkan kondisi biologis setempat.

### **Penelitian Terdahulu dan Kerangka Pemikiran**

Penelitian terdahulu mengenai ikan tembang dan ikan pelagis kecil telah memberikan dasar penting bagi pengembangan kerangka penelitian ini. Tabel 2.1 “Penelitian Relevan” merangkum delapan studi yang mencakup biologi reproduksi, pertumbuhan, mortalitas, hubungan panjang-berat, struktur populasi, dan metode penilaian stok pada ikan tembang maupun perikanan data-terbatas. Ghosh et al. (2019) meneliti biologi reproduksi *S. fimbriata* dan *S. gibbosa* di Teluk Benggala barat laut dan menunjukkan ukuran matang pertama sekitar 13 cm TL serta musim pemijahan Mei–Juli. Ginzl et al. (2022) menganalisis pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen, dan eksploitasi *S. fimbriata* di Pulau Rote, Laut Sawu, dan menemukan pola pertumbuhan alometrik negatif serta stok yang mendekati eksploitasi berlebih. Mollik dan Sultana (2023) menekankan pentingnya hubungan panjang-berat dan faktor kondisi untuk menilai pola pertumbuhan serta kesehatan populasi. Rivera et al. (2025) memperkirakan  $L_{m50}$  *S. fimbriata* sekitar 12–13 cm di Manila Bay, sedangkan Kurniawan et al. (2023) mencatat distribusi panjang 120–160 mm dan indikasi pematangan gonad pada sebagian ikan di Muara Angke.

Kerangka pemikiran penelitian ini menempatkan struktur ukuran, TKG, dan  $L_{50}$  sebagai dasar evaluasi status pemanfaatan ikan tembang di Perairan Kwandang. Analisis distribusi panjang digunakan untuk menentukan kelas ukuran dominan dan kecenderungan hasil tangkapan, sedangkan proporsi ikan matang dan belum matang gonad digunakan untuk menggambarkan kondisi reproduksi populasi yang tertangkap. Hubungan panjang tubuh dan kematangan gonad dianalisis untuk mengetahui peningkatan peluang matang gonad seiring

bertambahnya ukuran ikan, dengan  $L_{50}$  sebagai ukuran ketika 50% individu telah matang. Jika tangkapan didominasi ikan di bawah  $L_{50}$  dan belum matang gonad, maka kondisi tersebut mengindikasikan tekanan pemanfaatan dan potensi *growth overfishing*. Sebaliknya, dominasi ikan matang menunjukkan pemanfaatan yang lebih mendukung keberlanjutan. Pendekatan ini relevan bagi perikanan data-terbatas karena indikator berbasis panjang dan kematangan gonad dapat diperoleh langsung dari hasil tangkapan, relatif murah, dan dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan adaptif ikan pelagis kecil di wilayah pesisir.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Waktu, Lokasi, dan Desain Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, yaitu Agustus hingga November 2025, di Perairan Kwandang, Kabupaten Gorontalo Utara. Wilayah ini dipilih karena merupakan salah satu daerah penangkapan utama ikan pelagis kecil, terutama ikan tembang (*Sardinella fimbriata*), di kawasan Teluk Tomini. Aktivitas pengambilan data dilakukan melalui hasil tangkapan yang didaratkan di Tempat Pendaratan Ikan (TPI) Kwandang, sehingga lokasi tersebut dianggap merepresentasikan pusat pendaratan hasil tangkapan komersial ikan tembang di wilayah penelitian. Identifikasi spesies dilakukan dengan mengacu pada karakter umum *S. fimbriata* sebagai ikan pelagis pantai yang hidup bergerombol dan berpotensi tertukar dengan spesies *Sardinella* lain, seperti *S. gibbosa* dan *S. albella* (FishBase, 2026).

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif untuk menganalisis struktur ukuran dan tingkat kematangan gonad ikan tembang sebagai indikator pemanfaatan sumber daya. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran panjang total, pengamatan status kematangan gonad, perhitungan proporsi, distribusi frekuensi, serta estimasi ukuran pertama kali matang gonad atau  $L_{50}$ . Penggunaan indikator berbasis panjang relevan bagi perikanan data-terbatas karena data panjang lebih mudah dikumpulkan dibandingkan data lengkap tangkapan, upaya, kelimpahan, atau umur (Cao et al., 2021; Jac et al., 2023). Dalam kondisi biomassa stok tidak tersedia, indikator biologis dapat berfungsi sebagai proksi status sumber daya dan mendukung keputusan pengelolaan melalui kerangka multi-indikator (Carruthers et al., 2021; Rudd & Thorson, 2022).

#### Jenis Data, Populasi, dan Sampel

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari sampel ikan tembang yang tertangkap di Perairan Kwandang dan didaratkan di TPI Kwandang. Variabel utama yang diamati mencakup panjang total ikan dan tingkat kematangan gonad setiap individu. Panjang total diukur menggunakan papan ukur dengan

ketelitian 0,1 cm dari ujung mulut hingga ujung sirip ekor dalam posisi sirip dirapatkan secara alami. Data panjang total digunakan untuk menyusun distribusi frekuensi ukuran, menggambarkan struktur ukuran populasi, menganalisis hubungan ukuran tubuh dengan kematangan gonad, dan mengestimasi  $L_{50}$  melalui regresi logistik. Pengumpulan data panjang secara berkala dari pendaratan ikan sesuai dengan rekomendasi FAO, yang mencontohkan penggunaan 5.390 spesimen dalam 30 kelompok panjang berinterval 1 cm dan menyarankan pengumpulan bulanan atau triwulanan (FAO, 2002).

Tingkat Kematangan Gonad diamati secara makroskopis melalui pembedahan. Pengamatan dilakukan dengan memperhatikan ukuran relatif gonad terhadap rongga tubuh, warna, tekstur, kekenyalan, serta perkembangan jaringan reproduktif. Setiap individu dikategorikan sebagai belum matang atau matang gonad. Pendekatan makroskopis dipilih karena penelitian kematangan gonad ikan sering memerlukan sampel besar yang harus diproses cepat, sedangkan validasi histologis lebih akurat tetapi mahal dan memerlukan waktu lebih lama (Ganga, 2023). Klasifikasi makroskopis tetap harus ditafsirkan secara hati-hati karena dapat menghasilkan kesalahan penentuan tahap kematangan, meskipun berguna dalam survei lapangan berskala besar (Ferreri et al., 2023).

Populasi penelitian adalah seluruh ikan tembang yang tertangkap di Perairan Kwandang selama periode penelitian, sedangkan populasi target dibatasi pada ikan yang didaratkan di lokasi pendaratan tempat pengambilan sampel. Jumlah sampel yang dianalisis sebanyak 1.560 ekor. Jumlah ini dinilai memadai untuk analisis distribusi panjang dan estimasi ukuran pertama matang gonad karena ukuran sampel besar meningkatkan presisi parameter biologis populasi. Sebagai pembandingan metodologis, studi *S. fimbriata* di Pulau Rote menggunakan 1.095 sampel untuk menganalisis pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen, dan eksploitasi (Ginzel et al., 2022), sedangkan studi reproduksi di Malampaya Sound menggunakan 1.238 sampel dari April 2023 hingga Maret 2024 untuk menganalisis rasio kelamin, kematangan gonad, musim pemijahan, dan ukuran matang pertama (Vicente & Palla, 2025). Data sekunder diperoleh dari Dinas Kelautan dan Perikanan, Badan Pusat Statistik, laporan tahunan perikanan daerah, buku, jurnal, dan laporan penelitian terdahulu, terutama terkait produksi tangkapan, alat tangkap, tren aktivitas penangkapan, dan pembandingan biologis.

## Pengambilan Sampel dan Teknik Pengumpulan Data

Sampel ikan tembang diambil dengan metode acak sederhana dari hasil tangkapan nelayan yang didaratkan setiap minggu selama periode penelitian. Pengambilan sampel dilakukan bekerja sama dengan nelayan setempat yang menggunakan alat tangkap umum, seperti pukat cincin atau *purse seine* dan jaring insang atau *gill net*. Sampel yang terpilih disimpan dalam *cool box* berisi es untuk menjaga kondisi jaringan dan mencegah degradasi sebelum pengukuran. Setelah dibersihkan dari kotoran dan lendir berlebihan, setiap individu diukur panjang totalnya, kemudian dibedah pada bagian ventral untuk membuka rongga perut dan mengamati kondisi gonad.

Teknik pengumpulan data meliputi observasi langsung, dokumentasi lapangan, dan studi pustaka. Observasi langsung digunakan untuk memperoleh data primer berupa panjang total dan kategori kematangan gonad. Dokumentasi dilakukan melalui pencatatan hasil pengukuran, jumlah sampel, kategori kematangan, dan kondisi sampel pada lembar data serta kamera. Studi pustaka digunakan untuk memperoleh acuan metode pengukuran biologis, identifikasi kematangan gonad, estimasi  $L_{50}$ , dan pembandingan hasil dengan populasi *S. fimbriata* di wilayah lain. Desain sampling berkala penting karena studi di Malampaya Sound menunjukkan bahwa sampling bulanan mampu mendeteksi variasi temporal reproduksi, termasuk pemijahan sepanjang tahun dan rasio kelamin 1:1 (Vicente & Palla, 2025). Studi dinamika populasi di wilayah yang sama juga menggunakan 1.200 sampel dari April 2023 hingga Maret 2024 untuk menganalisis hubungan panjang-berat, mortalitas, eksploitasi, dan rekrutmen (Vicente & Palla, 2024).

**Tabel 1.** Daftar Alat yang Digunakan dalam Penelitian.

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Aerator	Berfungsi menyuplai oksigen ke dalam air
2	Seser Kecil	Pengambilan bibit ikan pada saat pengukuran
3	Nampan	Sebagai media pengukur
4	Penggaris	Digunakan untuk mengukur panjang tubuh ikan
5	Timbangan Digital	Berfungsi untuk mengetahui berat ikan
6	Termometer	Digunakan untuk mengukur suhu air
7	pH Meter	Mengukur pH
8	DO	Mengukur DO
9	Alat Tulis	Mencatat data hasil penelitian
10	Kamera/HP	Dokumentasi
11	Selang Air	Penyaluran air ke wadah

**Tabel 2.** Daftar Bahan Penelitian.

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Bibit ikan Nila Jantan	45 Ekor
2	Cacing Sutra	1 Kg
3	Cacing Tanah	1 Kg
4	Bekicot	1 Kg

Tabel 1 dan 2 ini memuat alat dan bahan penelitian beserta fungsinya, meliputi papan ukur berketelitian 0,1 cm untuk mengukur panjang total, alat bedah berupa pisau, gunting, dan pinset untuk pembedahan, *cool box* dan es batu untuk menjaga kondisi sampel, kamera untuk dokumentasi, komputer untuk analisis data, air bersih untuk membersihkan sampel, serta ikan tembang sebagai objek penelitian.

### **Teknik Analisis Data**

Analisis struktur ukuran dilakukan dengan mengelompokkan panjang total ikan ke dalam kelas-kelas panjang berdasarkan rentang ukuran minimum dan maksimum yang diperoleh selama penelitian. Distribusi frekuensi panjang disajikan dalam tabel dan histogram untuk menunjukkan pola sebaran ukuran, kelas ukuran dominan, serta kecenderungan dominasi individu kecil atau besar. Data kematangan gonad dianalisis dengan menghitung persentase individu matang dan belum matang secara deskriptif-kuantitatif. Proporsi ikan matang gonad digunakan untuk menilai kesiapan populasi melakukan pemijahan dan potensi regenerasi stok. Pendekatan berbasis panjang sesuai untuk stok data-terbatas karena indikator seperti  $L_c$ ,  $L_{mat}$ ,  $L_{25\%}$ ,  $L_{max5\%}$ ,  $L_{\infty}$ , dan  $L_{opt}$  dapat digunakan ketika data yang tersedia terutama berupa komposisi panjang (Jac et al., 2023).

Hubungan antara struktur ukuran dan kematangan gonad dianalisis dengan mengelompokkan panjang total ke dalam kelas interval, kemudian menghitung proporsi individu matang pada setiap kelas panjang. Proporsi tersebut diplot terhadap nilai tengah kelas untuk membentuk kurva sigmoid atau *maturity ogive*. Estimasi  $L_{50}$  dilakukan menggunakan regresi logistik karena variabel respons bersifat biner, yaitu belum matang gonad dan matang gonad. Ikan belum matang diberi kode 0, sedangkan ikan matang diberi kode 1. Pendekatan ini sejalan dengan penggunaan *logistic ogive* untuk mengestimasi panjang matang pertama dari data kematangan biner dengan struktur galat binomial, termasuk opsi quasi-binomial berbobot ketika data dikelompokkan per kelas panjang (Smart, 2026). Estimasi  $L_{50}$  berbasis GLM atau regresi logistik juga umum digunakan untuk menentukan ukuran matang pertama dan mendukung ukuran tangkap minimum (Kim et al., 2024). Nilai  $L_{50}$  kemudian dibandingkan dengan distribusi panjang tangkapan untuk mengevaluasi apakah ikan telah mencapai ukuran reproduktif. Jika sebagian besar ikan berada di bawah  $L_{50}$ , kondisi tersebut diinterpretasikan sebagai indikasi penangkapan sebelum matang gonad dan potensi *growth overfishing*. Interpretasi akhir mengintegrasikan struktur ukuran, TKG, dan  $L_{50}$  untuk menilai status pemanfaatan sumber daya ikan tembang di Perairan Kwandang, dengan mempertimbangkan bahwa metode berbasis panjang memiliki keterbatasan pada spesies berumur pendek dan stok

yang sangat tereksplorasi (Chong et al., 2020). Sebagai pembanding lokal, studi ikan tembang di Takalar menunjukkan Lm betina 12,66 cm, jantan 13,02 cm, gabungan 12,89 cm, sedangkan ukuran rata-rata tertangkap 12,09 cm, sehingga perbandingan antara ukuran tertangkap dan Lm relevan untuk menilai kelayakan tangkap (Putri et al., 2026).

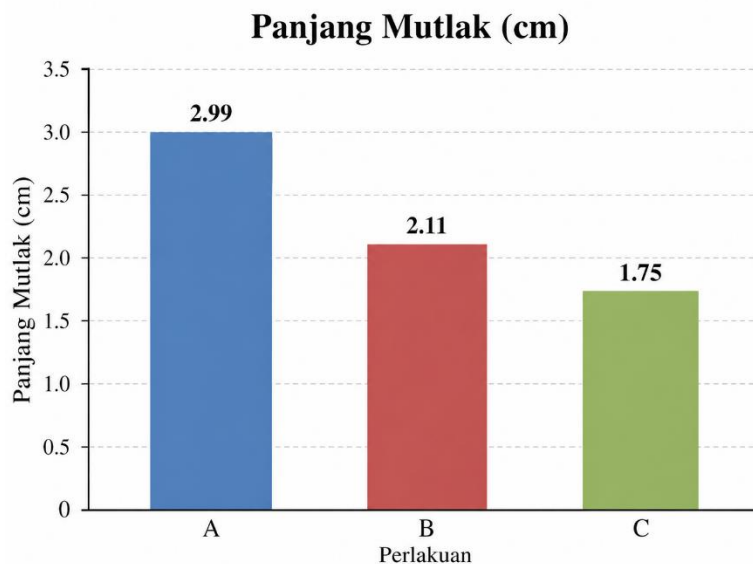
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pertumbuhan Panjang Mutlak

Pertumbuhan panjang mutlak merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan benih ikan nila terhadap pemberian pakan alami yang berbeda selama masa pemeliharaan. Parameter ini menggambarkan pertambahan ukuran tubuh secara linear dan menjadi indikator awal terhadap kemampuan ikan dalam memanfaatkan nutrisi dari pakan yang diberikan. Penggunaan pertumbuhan panjang sebagai salah satu indikator performa benih ikan nila sejalan dengan penelitian pakan alami dan pakan alternatif sebelumnya, yang umumnya menilai respons pertumbuhan melalui pertambahan panjang, bobot, dan tingkat kelangsungan hidup pada rancangan perlakuan pakan dengan ulangan terkontrol (Kusuma et al., 2024; Amira et al., 2021). Dalam penelitian ini, pemberian cacing sutra, cacing tanah, dan bekicot menghasilkan nilai pertumbuhan panjang mutlak yang bervariasi antarperlakuan, meskipun perbedaan tersebut tidak menunjukkan pengaruh nyata secara statistik.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perlakuan A, yaitu pemberian cacing sutra, menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak tertinggi sebesar 2,99 cm. Perlakuan B, yaitu pemberian cacing tanah, menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak sebesar 2,11 cm, sedangkan perlakuan C, yaitu pemberian bekicot, menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak terendah sebesar 1,75 cm. Secara deskriptif, urutan respons pertumbuhan panjang adalah cacing sutra, cacing tanah, kemudian bekicot. Tingginya nilai pada perlakuan cacing sutra menunjukkan bahwa pakan ini lebih mudah dimanfaatkan oleh benih ikan nila dibandingkan dua pakan alami lainnya. Hal ini relevan dengan laporan bahwa *Tubifex* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan ikan nila lebih baik dibandingkan beberapa pakan alami lain pada pemberian 3% bobot tubuh sebanyak tiga kali sehari (Kusuma et al., 2024). Selain itu, tepung *Tubifex* dilaporkan mampu menggantikan tepung ikan hingga 35% dalam pakan benih nila, dengan laju pertumbuhan spesifik 2,28%/hari dan kelangsungan hidup 82,22%, sehingga memperkuat indikasi bahwa pakan berbasis *Tubifex* mendukung performa benih ikan (Santos et al., 2025).

Pertumbuhan panjang pada perlakuan cacing tanah masih lebih tinggi dibandingkan bekicot. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pakan yang diperkaya cacing tanah mampu menghasilkan pertambahan panjang 4,7 cm dan pertambahan bobot 18,45 g pada ikan nila selama 62 hari, dengan bobot awal 6,2 g dan panjang awal 6,5 cm (Ahir et al., 2023). Selain itu, penggunaan protein cacing tanah sebagai pengganti tepung ikan pada tingkat sedang dilaporkan memengaruhi pertumbuhan dan respons usus ikan nila, terutama pada level penggantian 0%, 10%, 20%, dan 40% dalam pakan isonitrogenus sekitar 31% dan isolipidik sekitar 7% (Das et al., 2024). Sementara itu, rendahnya pertumbuhan panjang pada perlakuan bekicot mengindikasikan bahwa pakan tersebut kemungkinan lebih mendukung fungsi pemeliharaan tubuh dibandingkan pertambahan panjang, sebagaimana penelitian tepung bekicot yang menunjukkan pengaruh pada performa bobot tetapi tidak selalu berpengaruh terhadap panjang mutlak dan sintasan (Burhani et al., 2023).



**Gambar 1.** Pertumbuhan panjang mutlak ikan nila pada perlakuan A cacing sutra sebesar 2,99 cm, perlakuan B cacing tanah sebesar 2,11 cm, dan perlakuan C bekicot sebesar 1,75 cm.

**Tabel 3.** Analisis ANOVA pertumbuhan panjang mutlak.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%	Keterangan
Perlakuan	2	1,894	0,947	4,11	5,14	Tidak nyata
Galat	6	1,382	0,230	-	-	-
Total	8	3,276	-	-	-	-

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai Fhitung sebesar 4,11 lebih kecil daripada Ftabel 5% sebesar 5,14. Dengan demikian, pemberian tiga jenis pakan alami tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak benih ikan nila. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan nilai rata-rata secara deskriptif, variasi antarunit percobaan masih cukup besar sehingga perbedaan perlakuan belum dapat dinyatakan

signifikan. Interpretasi ini sejalan dengan prinsip analisis hasil percobaan pakan ikan nila yang menunjukkan bahwa respons pertumbuhan dapat berbeda secara deskriptif, tetapi tidak selalu berbeda nyata apabila nilai statistik tidak memenuhi batas signifikansi  $P < 0,05$  (Magbanua & Ragaza, 2023; Nash & Greenwood, 2020).

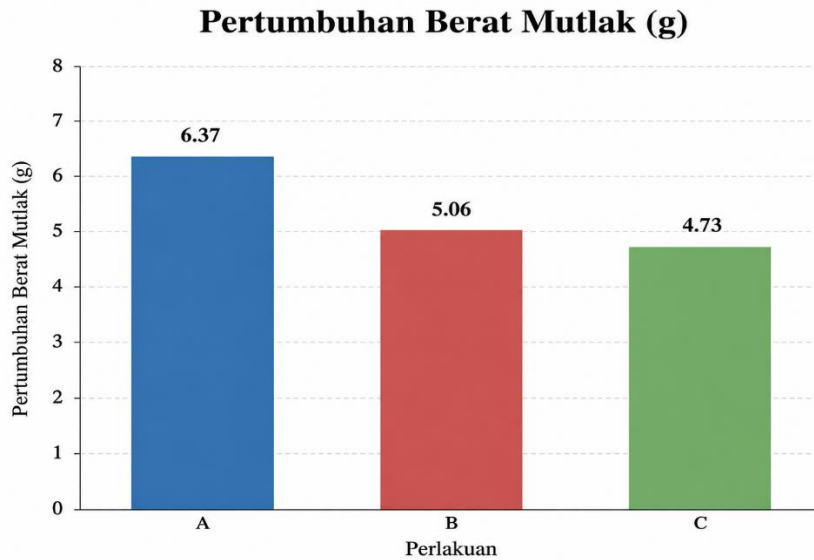
### **Pertumbuhan Berat Mutlak**

Pertumbuhan berat mutlak digunakan untuk menilai peningkatan biomassa benih ikan nila selama periode pemeliharaan. Parameter ini mencerminkan pemanfaatan nutrisi pakan untuk pembentukan jaringan tubuh dan peningkatan massa ikan. Dalam penelitian pakan ikan nila, penambahan berat merupakan salah satu indikator utama yang digunakan bersama dengan pertumbuhan panjang, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, efisiensi pakan, dan kelangsungan hidup (Nash & Greenwood, 2020; Ribeiro et al., 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan alami berbeda menghasilkan nilai pertumbuhan berat mutlak yang bervariasi antarperlakuan.

Perlakuan A, yaitu cacing sutra, menghasilkan pertumbuhan berat mutlak tertinggi sebesar 6,37 g. Perlakuan B, yaitu cacing tanah, menghasilkan pertumbuhan berat mutlak sebesar 5,06 g, sedangkan perlakuan C, yaitu bekicot, menghasilkan pertumbuhan berat mutlak terendah sebesar 4,73 g. Secara deskriptif, cacing sutra menunjukkan kemampuan terbaik dalam mendukung peningkatan biomassa benih ikan nila. Respons ini dapat dikaitkan dengan kandungan nutrisi, ukuran, tekstur, serta tingkat penerimaan pakan oleh ikan. Pada penelitian lain, pakan alami *Tubifex* sp. juga dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan nila dibandingkan pakan alami lain dan pelet komersial dalam percobaan selama 30 hari dengan tiga ulangan (Kusuma et al., 2024). Selain itu, *Tubifex* meal pada level penggantian terbaik menghasilkan efisiensi pakan 61,93% dan kelangsungan hidup 82,22%, yang menunjukkan bahwa bahan ini dapat mendukung pemanfaatan nutrisi pada benih nila (Santos et al., 2025).

Pertumbuhan berat mutlak pada perlakuan cacing tanah menunjukkan nilai menengah. Nilai ini memperlihatkan bahwa cacing tanah tetap memiliki potensi sebagai sumber nutrisi, tetapi pemanfaatannya pada kondisi penelitian ini belum melampaui cacing sutra. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pakan yang diperkaya cacing tanah mampu memberikan penambahan bobot 18,45 g pada ikan nila selama 62 hari (Ahir et al., 2023). Namun, hasil penggantian protein tepung ikan dengan protein cacing tanah menunjukkan bahwa level penggunaan perlu dikendalikan, karena penggantian hingga 20% tidak mengganggu pertumbuhan, sedangkan level 40% dapat mengubah kondisi fisiologis dan kesehatan usus (Das et al., 2024). Pada perlakuan bekicot, pertumbuhan berat mutlak paling rendah, meskipun

bekicot tetap dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan. Tepung bekicot dalam formulasi 30% pernah dilaporkan menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak 20,23 g dan efisiensi pakan 200,08% pada ikan nila, tetapi respons tersebut sangat dipengaruhi oleh formulasi pakan dan kesesuaian dosis (Burhani et al., 2023).



**Gambar 2.** Pertumbuhan berat mutlak ikan nila pada perlakuan A cacing sutra sebesar 6,37 g, perlakuan B cacing tanah sebesar 5,06 g, dan perlakuan C bekicot sebesar 4,73 g.

**Tabel 4.** Analisis ANOVA Pertumbuhan Berat Mutlak.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%	Keterangan
Perlakuan	2	4,528	2,264	3,51	5,14	Tidak nyata
Galat	6	3,866	0,644	-	-	-
Total	8	8,394	-	-	-	-

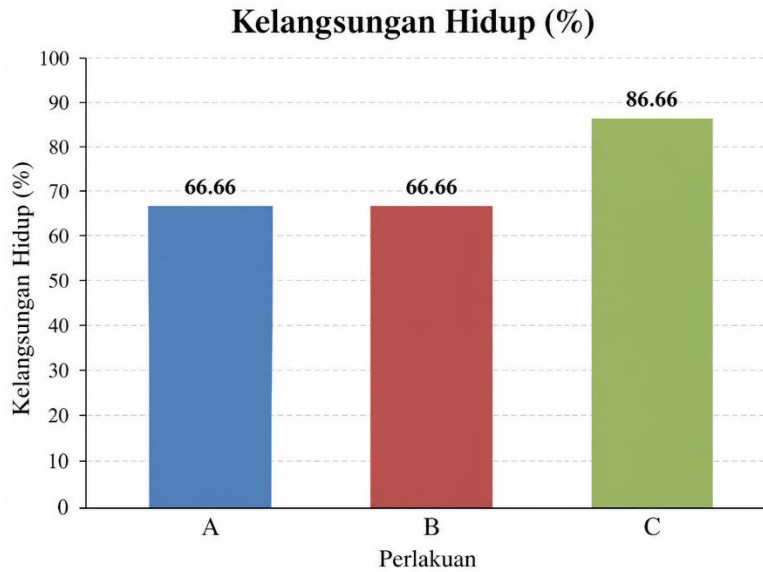
Analisis ragam menunjukkan nilai Fhitung sebesar 3,51, lebih kecil dibandingkan Ftabel 5% sebesar 5,14. Dengan demikian, perlakuan pakan alami berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak benih ikan nila. Meskipun demikian, hasil deskriptif tetap menunjukkan kecenderungan bahwa cacing sutra menghasilkan nilai pertumbuhan berat tertinggi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa kualitas pakan, kemampuan cerna, dan kemampuan ikan memanfaatkan nutrisi berperan dalam pembentukan biomassa, namun variasi biologis dan lingkungan dalam unit percobaan dapat menyebabkan perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Pada konteks yang lebih luas, respons pertumbuhan ikan nila terhadap pakan juga dapat dipengaruhi oleh strategi pemberian pakan, keberadaan aerasi, sumber nutrisi lingkungan, dan kondisi sistem pemeliharaan (Ribeiro et al., 2024; Khanjani & Sharifinia, 2024; Nassif et al., 2024).

## Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup merupakan parameter penting untuk menggambarkan keberhasilan pemeliharaan benih ikan nila selama penelitian. Parameter ini menunjukkan kemampuan ikan untuk bertahan hidup pada kondisi perlakuan pakan dan media pemeliharaan yang tersedia. Dalam percobaan pakan ikan nila, kelangsungan hidup sering digunakan bersama parameter pertumbuhan untuk menilai kesesuaian pakan dan kestabilan lingkungan pemeliharaan (Amira et al., 2021; Khanjani & Sharifinia, 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup benih ikan nila bervariasi antarperlakuan.

Perlakuan A, yaitu cacing sutra, menghasilkan kelangsungan hidup sebesar 66,66%. Perlakuan B, yaitu cacing tanah, juga menghasilkan nilai yang sama, yaitu 66,66%. Perlakuan C, yaitu bekicot, menghasilkan nilai tertinggi sebesar 86,66%. Secara deskriptif, bekicot menunjukkan potensi lebih baik dalam mendukung sintasan benih ikan nila dibandingkan cacing sutra dan cacing tanah. Nilai ini mendekati hasil penelitian tepung bekicot yang melaporkan kelangsungan hidup 83,33% pada pakan dengan 30% tepung bekicot (Burhani et al., 2023). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa bekicot dapat menyediakan nutrisi dasar yang cukup untuk mempertahankan kondisi fisiologis dan menekan mortalitas selama pemeliharaan.

Meskipun cacing sutra menghasilkan pertumbuhan panjang dan berat tertinggi, tingkat kelangsungan hidupnya tidak lebih tinggi dibandingkan bekicot. Hal ini menunjukkan bahwa pakan yang mendukung pertumbuhan tidak selalu menghasilkan sintasan tertinggi. Pada penelitian lain, *Tubifex* meal memberikan kelangsungan hidup 82,22% pada perlakuan terbaik, namun hasilnya juga tergantung pada formulasi dan tingkat penggantian pakan (Santos et al., 2025). Demikian pula, penggantian pakan komersial dengan wet biofloc hingga 25% pada ikan nila berbobot awal 1,3 g selama 38 hari dilaporkan tidak mengganggu pertumbuhan maupun kelangsungan hidup, menunjukkan bahwa respons sintasan sangat berkaitan dengan keseimbangan nutrisi dan kondisi media pemeliharaan (Khanjani & Sharifinia, 2024). Sumber nutrisi alami dari biofloc pada dosis 71 g/L bahkan dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan, pemanfaatan nutrisi, dan survival rate ikan nila, sekaligus meningkatkan keragaman serta kelimpahan zooplankton (Nassif et al., 2024).



**Gambar 3.** Kelangsungan hidup ikan nila pada perlakuan A cacing sutra sebesar 66,66%, perlakuan B cacing tanah sebesar 66,66%, dan perlakuan C bekicot sebesar 86,66%.

**Tabel 5.** Analisis ANOVA Kelangsungan Hidup.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%	Keterangan
Perlakuan	2	800,00	400,00	3,00	5,14	Tidak nyata
Galat	6	800,00	133,33	-	-	-
Total	8	1600,00	-	-	-	-

Hasil ANOVA menunjukkan nilai Fhitung sebesar 3,00, lebih kecil daripada Ftabel 5% sebesar 5,14. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian jenis pakan alami berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kelangsungan hidup benih ikan nila. Perbedaan sintasan yang tampak secara deskriptif belum cukup kuat untuk dinyatakan sebagai perbedaan statistik. Hasil seperti ini umum terjadi dalam percobaan biologi, karena kelangsungan hidup dapat dipengaruhi oleh variasi individu, adaptasi ikan, kompetisi pakan, serta kondisi kualitas air. Meta-analisis pada studi pakan nila juga menunjukkan bahwa beberapa variabel dapat berbeda nyata pada  $P < 0,05$ , sedangkan variabel lain tetap tidak berbeda nyata pada  $P > 0,05$  meskipun secara deskriptif menunjukkan perbedaan (Magbanua & Ragaza, 2023).

### Kualitas Air

Kualitas air diamati sebagai parameter pendukung untuk memastikan bahwa kondisi media pemeliharaan tidak menjadi faktor pembatas utama terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila. Parameter yang diukur meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut atau dissolved oxygen (DO). Kualitas air merupakan faktor penting dalam percobaan pakan, karena pertumbuhan ikan nila dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan dan manajemen, seperti suhu, DO, pH, amonia, nitrit, nitrat, padat tebar, frekuensi pemberian pakan, dan

kualitas pakan (Abd El-Hack et al., 2022). Selain itu, suhu, DO, dan pH termasuk faktor utama yang dapat memengaruhi laju pertumbuhan ikan nila, dengan suhu dan DO cenderung berperan positif apabila berada pada kisaran sesuai, sedangkan pH dan amonia dapat menurunkan performa apabila menyimpang dari kisaran optimal (Mureithi et al., 2024).

**Tabel 6.** Kualitas air berdasarkan suhu.

No	Perlakuan	Rentang Suhu (°C)	Rata-Rata (°C)
1	A (Cacing Sutra)	26,3–26,6	26,5
2	B (Cacing Tanah)	26,4–26,8	26,6
3	C (Bekicot)	26,4–26,7	26,5

Suhu air selama pemeliharaan berada pada kisaran 26,3–26,8°C, dengan rata-rata 26,5°C pada perlakuan A, 26,6°C pada perlakuan B, dan 26,5°C pada perlakuan C. Rentang suhu yang relatif sempit menunjukkan bahwa media pemeliharaan cukup stabil. Stabilitas suhu penting karena suhu dan frekuensi pemberian pakan dilaporkan berinteraksi dalam memengaruhi pertumbuhan dan kualitas air ikan nila; pada penelitian juvenil nila berbobot  $20,00 \pm 1,26$  g, kombinasi suhu 26, 28, dan 30°C dengan frekuensi pemberian pakan berbeda memberikan respons pertumbuhan yang berbeda (Hamed et al., 2024).

**Tabel 7.** Kualitas air berdasarkan pH.

No	Perlakuan	Rentang pH	Rata-Rata
1	A (Cacing Sutra)	7,7–7,9	7,8
2	B (Cacing Tanah)	7,6–7,9	7,7
3	C (Bekicot)	7,7–7,8	7,8

Nilai pH selama penelitian berada pada kisaran 7,6–7,9. Perlakuan A memiliki rata-rata pH 7,8, perlakuan B 7,7, dan perlakuan C 7,8. Nilai tersebut menunjukkan kondisi perairan yang relatif stabil dan mendukung aktivitas fisiologis ikan nila. Pemantauan pH penting karena pH bersama suhu dan DO merupakan parameter utama yang dapat menjelaskan variasi pertumbuhan dalam sistem pemeliharaan ikan nila (Mureithi et al., 2024). Dalam penelitian berbasis akuarium terkontrol, pengamatan kualitas air juga menjadi bagian penting untuk menghubungkan performa pertumbuhan, sintasan, dan kondisi fisiologis benih ikan (Amira et al., 2021).

**Tabel 8.** Hasil pengamatan oksigen terlarut (DO).

No	Perlakuan	Rentang DO (mg/L)	Rata-Rata (mg/L)
1	A (Cacing Sutra)	5,3–5,6	5,4
2	B (Cacing Tanah)	5,2–5,5	5,4
3	C (Bekicot)	5,2–5,4	5,3

Kadar oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 5,2–5,6 mg/L, dengan rata-rata 5,4 mg/L pada perlakuan A dan B, serta 5,3 mg/L pada perlakuan C. Nilai DO ini menunjukkan bahwa ketersediaan oksigen di media pemeliharaan relatif stabil. DO merupakan salah satu faktor penting bagi respirasi dan metabolisme ikan. Penelitian transportasi benih nila menunjukkan bahwa suhu, salinitas, kepadatan, lama transportasi, dan DO dapat memengaruhi sintasan, dengan pengujian DO pada 10, 15, dan 20 mg/L dalam 63 kombinasi perlakuan (López-Jiménez et al., 2023). Dengan demikian, kestabilan suhu 26,3–26,8°C, pH 7,6–7,9, dan DO 5,2–5,6 mg/L dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan pemeliharaan mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup, sehingga variasi hasil lebih berkaitan dengan respons terhadap pakan alami daripada gangguan kualitas air.

## **Pembahasan**

Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan nila pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan respons yang berbeda antarperlakuan pakan alami, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata. Perlakuan A berupa cacing sutra menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak tertinggi sebesar 2,99 cm, diikuti perlakuan B berupa cacing tanah sebesar 2,11 cm, sedangkan perlakuan C berupa bekicot menghasilkan nilai terendah sebesar 1,75 cm sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6. Pola ini menunjukkan bahwa cacing sutra memiliki kesesuaian lebih baik untuk mendukung pertumbuhan linear benih ikan nila selama masa pemeliharaan. Pertumbuhan panjang sangat berkaitan dengan kemampuan ikan memanfaatkan protein dan energi pakan untuk pembentukan jaringan tubuh. Protein merupakan nutrisi utama pada ikan nila, dan kebutuhan protein dapat dipengaruhi oleh bobot, umur, strain, sistem pemeliharaan, padat tebar, suhu, serta kualitas air (Meurer et al., 2024). Oleh karena itu, perbedaan kualitas nutrisi dan tingkat pencernaan pakan alami dapat menjelaskan mengapa pertumbuhan panjang tertinggi diperoleh pada cacing sutra.

Kinerja cacing sutra dalam mendukung pertumbuhan panjang diduga berkaitan dengan teksturnya yang lunak, ukurannya yang sesuai dengan bukaan mulut benih, serta palatabilitasnya yang tinggi. Pakan yang mudah diterima dan dicerna memungkinkan ikan mengonsumsi pakan lebih efektif dan memanfaatkan nutrisi secara lebih optimal. Hal ini sejalan dengan laporan bahwa pakan alami *Tubifex* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan nila strain Nirwana pada pemberian 3% bobot tubuh tiga kali sehari dalam rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan (Kusuma et al., 2024). Selain itu, *Tubifex* meal pada tingkat penggantian 35% dilaporkan menghasilkan laju pertumbuhan spesifik 2,28%/hari, penambahan bobot harian 0,016 g/hari, efisiensi pakan 61,93%, dan kelangsungan hidup 82,22% pada benih nila

(Santos et al., 2025). Ketersediaan cacing sutra sebagai pakan alami juga didukung oleh hasil budidaya *Tubifex* sp. selama 55 hari yang menghasilkan biomassa 408,7 g dan populasi 209.381 individu pada media 250 g/m<sup>2</sup>, sehingga memiliki relevansi praktis sebagai sumber pakan murah untuk pembenihan ikan air tawar (Corne et al., 2024).

Pertumbuhan panjang pada perlakuan cacing tanah yang berada pada posisi menengah menunjukkan bahwa cacing tanah tetap memiliki potensi sebagai sumber pakan, tetapi pemanfaatannya oleh benih ikan nila kemungkinan belum seefisien cacing sutra. Cacing tanah dapat menggantikan protein tepung ikan pada tingkat sedang dalam pakan nila; penggantian 0%, 10%, 20%, dan 40% menunjukkan bahwa level hingga 20% tidak mengganggu pertumbuhan, sedangkan analisis kuadratik memperkirakan bobot akhir optimal pada penggantian 17,5% (Das et al., 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa inklusi tepung cacing tanah sebesar 7–10,5% dapat meningkatkan performa pertumbuhan nila, dengan 7% dinilai lebih layak dari sisi biaya, sementara penambahan 2% zeolit membantu memperbaiki kualitas air tanpa meningkatkan biaya produksi (Ortiz et al., 2025). Dengan demikian, rendahnya pertumbuhan panjang cacing tanah dibandingkan cacing sutra kemungkinan berkaitan dengan bentuk fisik, tingkat penerimaan, serta perbedaan efisiensi pemanfaatan nutrisi oleh benih.

Hasil ANOVA pada Tabel 3 menunjukkan Fhitung 4,11 lebih kecil daripada Ftabel 5% sebesar 5,14, sehingga perbedaan pertumbuhan panjang mutlak tidak signifikan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perbedaan deskriptif sebesar 2,99 cm, 2,11 cm, dan 1,75 cm belum cukup kuat untuk menunjukkan pengaruh perlakuan secara statistik. Dalam penelitian pakan ikan nila, hasil seperti ini umum terjadi karena variabel pertumbuhan dapat dipengaruhi oleh variasi individu, jumlah ulangan, adaptasi ikan terhadap pakan, serta kondisi lingkungan. Kajian meta-analisis menunjukkan bahwa beberapa variabel pertumbuhan dan pemanfaatan pakan dapat berbeda nyata pada  $P < 0,05$ , sedangkan variabel lain tetap tidak berbeda nyata pada  $P > 0,05$  meskipun terdapat variasi deskriptif (Magbanua & Ragaza, 2023). Evaluasi pakan nila juga menunjukkan bahwa interpretasi statistik sangat bergantung pada variabilitas data dan replikasi percobaan, meskipun formulasi diet dapat memengaruhi pertumbuhan pada  $p < 0,05$  (Nash & Greenwood, 2020).

Pertumbuhan berat mutlak menunjukkan pola yang serupa dengan pertumbuhan panjang. Perlakuan cacing sutra menghasilkan pertumbuhan berat tertinggi sebesar 6,37 g, diikuti cacing tanah sebesar 5,06 g, dan bekicot sebesar 4,73 g sebagaimana disajikan pada Gambar 7. Pertumbuhan berat menggambarkan peningkatan biomassa tubuh yang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan protein, energi, pencernaan nutrisi, serta efisiensi penyerapan. Pencernaan nutrisi

merupakan mekanisme penting dalam menjelaskan variasi pertumbuhan ikan nila. Dalam percobaan selama 60 hari pada 315 benih nila berbobot  $5,15 \pm 0,02$  g, suplementasi 2% biochar tongkol jagung meningkatkan pertumbuhan, penyerapan nutrisi, komposisi tubuh, status hematologi, dan penyerapan mineral secara signifikan pada  $p < 0,05$  (Amjad et al., 2024). Pada studi yang sama, pencernaan mineral tertinggi mencapai Ca 56,81%, Na 52,61%, K 61,07%, P 66,32%, Fe 68,87%, Cu 66,21%, dan Zn 68,92%, menegaskan bahwa kemampuan mencerna dan menyerap nutrisi berperan langsung terhadap pertumbuhan (Amjad et al., 2024).

Nilai tertinggi pada cacing sutra menunjukkan bahwa pakan ini lebih efektif mendukung pembentukan jaringan dan akumulasi biomassa benih ikan nila. Pakan dengan tekstur halus dan palatabilitas tinggi dapat memperbesar peluang konsumsi serta memperbaiki efisiensi pemanfaatan nutrisi. Sebaliknya, cacing tanah dan bekicot mungkin membutuhkan proses adaptasi konsumsi yang lebih lama atau memiliki struktur fisik yang kurang optimal bagi benih. Bekicot pada penelitian ini menghasilkan pertumbuhan berat terendah, tetapi bukan berarti tidak potensial sebagai pakan. Tepung bekicot pada formulasi 70% pakan basal dan 30% tepung bekicot dilaporkan menghasilkan pertumbuhan berat mutlak 20,23 g, pertumbuhan panjang 2,56 cm, laju pertumbuhan spesifik 4,33%, FCR 0,51, efisiensi pakan 200,08%, dan kelangsungan hidup 83,33% (Burhani et al., 2023). Selain itu, *Achatina fulica* memiliki potensi sebagai sumber protein berkelanjutan karena dagingnya mengandung lebih dari 50% protein kasar berdasarkan bahan kering, tubuh utuh sekitar 25%, dan cangkang mengandung kalsium hingga 373 g/kg bahan kering (Pathak et al., 2025). Perbedaan antara penelitian ini dan laporan sebelumnya dapat dipengaruhi oleh bentuk pakan, proses pengolahan, dosis, umur ikan, dan lama pemeliharaan.

Hasil ANOVA pada Tabel 4 menunjukkan bahwa Fhitung 3,51 lebih kecil daripada Ftabel 5% sebesar 5,14, sehingga pemberian pakan alami berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak. Nilai kuadrat tengah galat sebesar 0,644 menunjukkan adanya variasi dalam unit percobaan yang dapat berasal dari perbedaan kemampuan individu ikan dalam mengonsumsi dan memanfaatkan pakan. Pertumbuhan nila juga dipengaruhi oleh lingkungan pemeliharaan. Pada sistem biofloc dan clear-water RAS, ikan nila yang diberi level protein 23%, 27%, 31%, dan 35% selama sembilan minggu menunjukkan kelangsungan hidup 95–100% dan peningkatan bobot tiga hingga lima kali lipat, tetapi performanya berbeda menurut sistem pemeliharaan (Nguyen et al., 2021). Biofloc bahkan dapat meningkatkan pertumbuhan dibandingkan clear-water RAS pada diet yang sama, menunjukkan bahwa sumber nutrisi mikroba dari lingkungan dapat memengaruhi interpretasi respons pakan (Nguyen et al., 2021).

Kelangsungan hidup merupakan indikator penting untuk menilai keberhasilan pemeliharaan benih ikan nila karena mencerminkan kemampuan ikan bertahan terhadap perlakuan pakan dan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan bekicot menghasilkan sintasan tertinggi sebesar 86,66%, sedangkan cacing sutra dan cacing tanah masing-masing menghasilkan 66,66% sebagaimana ditampilkan pada Gambar 8. Pola ini menarik karena cacing sutra memberikan pertumbuhan panjang dan berat tertinggi, tetapi tidak menghasilkan sintasan tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pakan yang paling baik untuk pertumbuhan tidak selalu menjadi pakan terbaik untuk kelangsungan hidup. Sintasan dapat dipengaruhi oleh kecukupan nutrisi dasar, kondisi fisiologis ikan, stres, kompetisi pakan, kualitas air, serta adaptasi terhadap media pemeliharaan.

Tingginya sintasan pada perlakuan bekicot dapat dikaitkan dengan kemampuan pakan tersebut mempertahankan kondisi fisiologis ikan selama pemeliharaan. Kandungan protein dan mineral pada bekicot berpotensi mendukung fungsi tubuh dasar, termasuk ketahanan terhadap stres. Temuan ini sejalan dengan laporan bahwa pakan dengan 30% tepung bekicot menghasilkan kelangsungan hidup 83,33% pada ikan nila (Burhani et al., 2023). Namun, hasil ANOVA pada Tabel 5 menunjukkan Fhitung 3,00 lebih kecil daripada Ftabel 5% sebesar 5,14, sehingga perbedaan sintasan tidak signifikan. Nilai kuadrat tengah galat 133,33 menunjukkan adanya variasi antarunit percobaan yang cukup besar. Variasi tersebut dapat berasal dari perbedaan adaptasi ikan, interaksi sosial, respons stres, dan kondisi mikro pada setiap wadah. Dalam konteks metodologi percobaan pakan, perbedaan deskriptif tidak selalu sejalan dengan signifikansi statistik, terutama ketika replikasi terbatas dan variasi biologis tinggi (Magbanua & Ragaza, 2023; Nash & Greenwood, 2020).

Kelangsungan hidup ikan nila juga sangat dipengaruhi oleh interaksi antara pakan dan lingkungan. Performa nila dipengaruhi oleh padat tebar, frekuensi pemberian pakan, tingkat pemberian pakan, kualitas air, suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit, nitrat, biaya pakan, dan sistem budidaya (Abd El-Hack et al., 2022). Pada penelitian transportasi benih nila, sintasan dipengaruhi oleh 63 kombinasi perlakuan yang mencakup lama transportasi 4, 8, dan 24 jam, kepadatan 54, 66, dan 80 g/L, suhu 20–24°C, salinitas 3–9‰, dan DO 10–20 mg/L (López-Jiménez et al., 2023). Oleh karena itu, sintasan 86,66% pada perlakuan bekicot dan 66,66% pada perlakuan lain perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara kecukupan pakan, stabilitas kualitas air, dan kemampuan adaptasi benih.

Kualitas air selama penelitian berada pada kisaran yang stabil dan mendukung pemeliharaan ikan nila. Suhu berkisar 26,3–26,8°C, dengan rata-rata 26,5°C pada cacing sutra, 26,6°C pada cacing tanah, dan 26,5°C pada bekicot sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6. Nilai pH berada pada kisaran 7,6–7,9, dengan rata-rata 7,8 pada cacing sutra, 7,7 pada cacing tanah, dan 7,8 pada bekicot sebagaimana tercantum pada Tabel 7. DO berada pada kisaran 5,2–5,6 mg/L, dengan rata-rata 5,4 mg/L pada cacing sutra dan cacing tanah, serta 5,3 mg/L pada bekicot sebagaimana disajikan pada Tabel 8. Kondisi ini menunjukkan bahwa media pemeliharaan tidak mengalami fluktuasi ekstrem yang dapat menghambat metabolisme dan sintasan ikan.

Suhu, DO, dan pH merupakan faktor lingkungan utama yang dapat memengaruhi pertumbuhan ikan nila. Model pertumbuhan nila menunjukkan bahwa suhu, oksigen terlarut, dan pH menjadi penggerak penting terhadap performa produksi, sedangkan penyimpangan suhu, oksigen, pH, dan amonia dapat mengubah lintasan pertumbuhan dan menurunkan reliabilitas produksi (Mureithi et al., 2024). Interaksi suhu dan frekuensi pemberian pakan juga dapat memengaruhi pertumbuhan dan kualitas air; dalam percobaan dua bulan pada 360 juvenil nila berbobot  $20,00 \pm 1,26$  g, kombinasi suhu 26, 28, dan 30°C dengan frekuensi makan berbeda menunjukkan respons pertumbuhan yang berbeda, dan suhu 30°C dengan dua kali pemberian pakan menghasilkan bobot akhir tertinggi (Hamed et al., 2024). Dengan demikian, kestabilan suhu pada kisaran 26,3–26,8°C dalam penelitian ini membantu mengurangi kemungkinan bias lingkungan terhadap respons pakan.

Kesesuaian kualitas air juga berimplikasi terhadap efisiensi dan keberlanjutan budidaya. Pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya nila, yaitu sekitar 60–80% dari biaya produksi, sehingga penggunaan pakan lokal yang murah dan stabil secara teknis menjadi penting untuk meningkatkan keuntungan pembudidaya (Ragasa et al., 2022). Kajian sistematis menunjukkan bahwa penggantian protein tepung ikan dengan bahan alternatif dapat menurunkan biaya pakan karena banyak sumber protein pengganti lebih murah daripada tepung ikan; pertumbuhan lebih baik dilaporkan pada penggantian 50% dengan black soldier fly dan 25% dengan kedelai (Hua et al., 2023). Dalam konteks penelitian ini, cacing sutra, cacing tanah, dan bekicot memiliki potensi sebagai sumber pakan alami lokal, tetapi efektivitasnya tetap perlu dipahami bersama kondisi kualitas air yang stabil, bentuk pakan, tingkat konsumsi, dan efisiensi pemanfaatan nutrisi selama pemeliharaan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian pakan alami yang berbeda menghasilkan respons deskriptif yang berbeda pada benih ikan nila, meskipun secara statistik tidak memberikan pengaruh nyata pada taraf 5%. Cacing sutra menunjukkan hasil pertumbuhan terbaik, dengan pertumbuhan panjang mutlak sebesar 2,99 cm dan pertumbuhan berat mutlak sebesar 6,37 g. Hasil ini menunjukkan bahwa cacing sutra berpotensi lebih kuat dalam mendukung pertumbuhan somatik dan peningkatan biomassa benih ikan nila. Cacing tanah menghasilkan respons pertumbuhan sedang, yaitu pertumbuhan panjang mutlak sebesar 2,11 cm dan berat mutlak sebesar 5,06 g, sehingga tetap berpotensi digunakan sebagai pakan alami, tetapi memerlukan perbaikan dalam bentuk penyajian atau formulasi agar penerimaan dan pemanfaatan nutrisinya lebih optimal. Bekicot menghasilkan pertumbuhan terendah, yaitu panjang mutlak 1,75 cm dan berat mutlak 4,73 g, tetapi memberikan tingkat kelangsungan hidup tertinggi sebesar 86,66%, sehingga berpotensi mendukung daya tahan dan kondisi pemeliharaan benih.

Kualitas air selama penelitian berada dalam kisaran stabil, yaitu suhu 26,3–26,8°C, pH 7,6–7,9, dan oksigen terlarut 5,2–5,6 mg/L. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lingkungan pemeliharaan tidak menjadi faktor pembatas utama terhadap performa ikan. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan pengetahuan tentang pemanfaatan pakan alami lokal dalam budidaya ikan nila, khususnya bahwa cacing sutra lebih potensial untuk meningkatkan pertumbuhan, sedangkan bekicot lebih mendukung kelangsungan hidup. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan jumlah ulangan lebih banyak, periode pemeliharaan lebih panjang, kombinasi pakan alami, analisis proksimat, uji pencernaan, serta kajian kelayakan ekonomi untuk memperkuat rekomendasi pakan alami yang berkelanjutan dan efisien bagi produksi benih ikan nila.

## DAFTAR REFERENSI

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Nader, M. M., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., Soliman, S. M., & Khafaga, A. F. (2022). Effect of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biometeorology*, 66, 2183–2194. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02347-6>
- Abd El-Naby, A. S., El Asely, A. M., Hussein, M. N., Khattaby, A. A., Sabry, E. A., Abdelsalam, M., & Samir, F. (2024). Effects of dietary fermented *Saccharomyces cerevisiae* extract (Hilyses) supplementation on growth, hematology, immunity, antioxidants, and intestinal health in Nile tilapia. *Scientific Reports*, 14, 12583. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62589-9>

- Ahir, S., Chaudhary, R., Maraseni, A., & Karki, N. (2023). Comparative study of growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on different feed types. *Nepalese Veterinary Journal*, 38(1), 170–178. <https://doi.org/10.3126/nvj.v38i1.55861>
- Amaliah, R., Amrullah, & Suriati. (2018). Manajemen pemberian pakan pada pembesaran ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Prosiding Seminar Nasional Pertama Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), 252–257. <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/48236/>
- Amare, T. A., Storebakken, T., Mørkøre, T., Nurfeta, A., & Ahlstrøm, Ø. (2025). Different dietary ratios of processed cassava leaf and root for Nile tilapia: Effects on digestibility, growth performance, and production economy. *Aquaculture International*, 33, Article 331. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02011-x>
- Amira, K. I., Rahman, M. R., Sikder, S., Khatoon, H., Afruj, J., Haque, M. E., & Minhaz, T. M. (2021). Data on growth, survivability, water quality and hemato-biochemical indices of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry fed with selected marine microalgae. *Data in Brief*, 38, Article 107422. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107422>
- Amjad, M., Hussain, S. M., Ali, S., Rizwan, M., Al-Ghanim, K. A., & Yong, J. W. H. (2024). Effectiveness of feeding different biochars on growth, digestibility, body composition, hematology and mineral status of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Scientific Reports*, 14, 13526. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63463-4>
- Bara, A. R., Rebhung, F., & Lukas, A. Y. H. (2020). Pengaruh penambahan tepung daging bekicot (*Achatina fulica*) dalam pakan terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan bandeng (*Chanos chanos*, Forskall). *Jurnal Akuatik*, 3(1), 59–71. <https://ejurnal.undana.ac.id/jaqu/article/view/2913>
- Corne, Y., Rahardjo, S., Nurhudah, M., & Wiradana, P. A. (2024). Dry media formulation to increase productivity and quality of silkworms (*Tubifex* sp.) as a natural feed development for aquaculture. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 26(2), 95–103. <https://doi.org/10.22146/jfs.91351>
- Das, B., Islam, S. M. M., Nag, S. K., Al-Azim, Vatsos, I. N., & Siddik, M. A. B. (2024). Earthworm, *Perionyx excavatus* as an alternate protein source for Nile tilapia: Effects on growth performance, blood biochemistry, erythrocyte morphology and intestinal health. *Aquaculture International*, 32, 7647–7669. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01533-0>
- de Araújo, S. P., de Assis, L. C., Kurpan, D., Telles, M., de Carvalho, A. G. A., Carneiro, G. R. A., Nogueira, F. C. S., Santos, P., Barbarino, E., Torres, A. G., Mendonça, P. P., & do Valle, A. F. (2024). Screening microalgae strains for fish feed of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and their zootechnical performance. *Journal of Applied Phycology*, 36, 2665–2679. <https://doi.org/10.1007/s10811-024-03307-w>
- Dela Cruz, M. B., Aya, F. A., & Estante-Superio, E. G. (2025). Effects of restricted feeding rates on growth, production, and economics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in pond-based biofloc and traditional grow-out system. *Aquaculture International*, 33, Article 144. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-01833-z>
- Hamed, S., El-Kassas, S., Abo-Al-Ela, H. G., Abdo, S. E., Abou-Ismael, U. A., & Mohamed, R. A. (2024). Temperature and feeding frequency: Interactions with growth, immune response, and water quality in juvenile Nile tilapia. *BMC Veterinary Research*, 20, Article 508. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04366-4>

- Hayati, S. N., Herdian, H., Damayanti, E., Istiqomah, L., & Julendra, H. (2011). Profil asam amino ekstrak cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) terenkapsulasi dengan metode spray drying. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34, 1–7. [https://www.academia.edu/37476079/PROFIL\\_ASAM\\_AMINO\\_EKSTRAK\\_CACIN\\_G\\_TANAH\\_LUMBRICUS\\_RUBELLUS\\_TERENKAPSULASI\\_DENGAN\\_METODE\\_SPRAY\\_DRYING](https://www.academia.edu/37476079/PROFIL_ASAM_AMINO_EKSTRAK_CACIN_G_TANAH_LUMBRICUS_RUBELLUS_TERENKAPSULASI_DENGAN_METODE_SPRAY_DRYING)
- Helal, A. M., Zaher, M. M., Meshhal, D. T., Ashour, M., Younis, E. M., Abdelwarith, A. A., Al-Afify, A. D. G., Sharawy, Z. Z., Davies, S., El-Haroun, E., & Nassif, M. G. (2024). Biofloc supplementation improves growth performances, nutrient utilization, and histological status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) while enhancing zooplankton diversity, community, and abundance. *Aquaculture*, 585, Article 740711. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740711>
- Hendriana, A., Iskandar, A., Ramadhani, D. E., Wiyoto, W., Endarto, N. P., Hitron, R. A., Sitio, Y. I. K., & Anwar, R. V. (2023). Kinerja pertumbuhan ikan nila *Oreochromis niloticus* dengan tingkat pemberian pakan yang berbeda. *Jurnal Sains Terapan*, 13(1), 60–66. <https://doi.org/10.29244/jstsv.13.1.60-66>
- Khanjani, M. H., & Sharifinia, M. (2024). Feeding Nile tilapia with varying levels of biofloc: Effect on growth performance, survival rate, digestive and liver enzyme activities, and mucus immunity. *Aquaculture International*, 32, 8171–8194. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01561-w>
- Kusuma, R. O., Dadiono, M. S., Kasprijo, Fitriadi, R., & Yeru, T. T. (2024). Growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile strain Nirwana with different natural feeding. *Journal of Artha Biological Engineering*, 2(1), 73–89. <https://doi.org/10.62521/3bbmwy23>
- López-Jiménez, D., Espinosa-Chaurand, L. D., Maeda-Martínez, A. N., & Peraza-Gómez, V. (2023). Combined effect of temperature, salinity and dissolved oxygen on the survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry during transportation, at different densities and durations. *Aquaculture*, 569, Article 740283. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740283>
- Macusi, E. D., Cayacay, M. A., Santos, E. Q., Borazon, E. Q., Hionc, A., Fadriquel, N., & Sevilla, M. D. (2023). Protein fishmeal replacement in aquaculture: A systematic review and implications on growth and adoption viability. *Sustainability*, 15(16), Article 12500. <https://doi.org/10.3390/su151612500>
- Magbanua, T. O., & Ragaza, J. A. (2023). Growth and whole-body proximate composition of *Oreochromis niloticus* Nile tilapia fed pea meal: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Article 1103263. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1103263>
- Mashhadizadeh, N., Khezri, S., Eslimi Esfahani, D., Mohammadzadeh, S., Ahmadifar, E., Ahmadifar, M., Moghadam, M. S., & El-Haroun, E. (2024). Enhancing growth performance, antioxidant defense, immunity response, and resistance against heat stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed *Saccharomyces boulardii* and/or *Bifidobacterium bifidum*. *Aquaculture Reports*, 38, Article 102462. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102462>
- Meurer, F., Novodvorski, J., & Bombardelli, R. A. (2024). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.004>

- Mureithi, S. M., Mutuku, F. M., Mwangangi, J. M., & others. (2024). Impact of climatic and water quality parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish growth: Integrating ARIMA and ARIMAX for precise modeling and forecasting. *PLOS ONE*, *19*(12), Article e0313846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313846>
- Nash, W., & Greenwood, C. (2020). Microalgae-blend tilapia feed eliminates fishmeal and fish oil, improves growth, and is cost viable. *Scientific Reports*, *10*, Article 19328. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75289-x>
- Ngatung, J. E. E., Pangkey, H., & Mokolensang, J. F. (2017). Budi daya cacing sutra (*Tubifex* sp.) dengan sistim air mengalir di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Tatelu (BPBAT), Propinsi Sulawesi Utara. *e-Journal Budidaya Perairan*, *5*(3), 18–22. <https://doi.org/10.35800/bdp.5.3.2017.17610>
- Nguyen, H. Y. N., Trinh, T. L., Baruah, K., Lundh, T., & Kiessling, A. (2021). Growth and feed utilisation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed different protein levels in a clear-water or biofloc-RAS system. *Aquaculture*, *536*, Article 736404. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736404>
- Niode, A. R., Nasriani, N., & Irdja, A. M. (2017). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada pakan buatan yang berbeda. *Akademika: Jurnal Ilmiah Media Publikasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, *6*(2), 99–112. <https://doi.org/10.31314/akademika.v6i2.51>
- Ortiz, A. S. V., Heluy, G. M., Ludke, M. D. C. M. M., Brito, L. O., dos Santos, J. F., Rabello, C. B. V., Ludke, J. V., Santos, A. C. A., de Oliveira, E. F., da Silva, J. A. G., & Coldebella, A. (2025). Effects and economic viability of earthworm meal (*Eisenia andrei*) and zeolite in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Aquaculture International*, *33*, Article 14. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01676-0>
- Pathak, C. R., Luitel, H., Pakhrin, W. T., Syahrulawal, L., Sadaula, G. P., Bhandari, D. R., Koirala, S., & Khanal, P. (2025). Nutritional potential of the giant African land snail (*Achatina fulica*) as a sustainable protein source for food and feed. *Journal of Agriculture and Food Research*, *23*, Article 102179. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102179>
- Ragasa, C., Osei-Mensah, Y. O., & Amewu, S. (2022). Impact of fish feed formulation training on feed use and farmers' income: Evidence from Ghana. *Aquaculture*, *558*, Article 738378. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738378>
- Ribeiro, D. M., de Carvalho, E. M., & Fonseca, G. (2024). Growth performance, survival rate, and water quality in an aquaculture system using different feeding strategies for juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquatic Sciences and Engineering*, *39*(1), 17–23. <https://doi.org/10.26650/ASE20241338060>
- Rusmini, R., Kusumawati, N., Prahara, M. A., & Wikandari, P. R. (2016). Pelatihan budidaya cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) bagi para tani Desa Sumberdukun, Ngariboyo, Magetan. *Jurnal ABDI*, *1*(2), 114–120. <https://doi.org/10.26740/ja.v1n2.p114-120>
- Santos, R. A., Saputra, F., & others. (2025). Evaluating the potential of *Tubifex* meal as a fish meal substitute in the diet of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Unram*. <https://jperairan.unram.ac.id/index.php/JP/article/view/1730>
- Saputra, R. R., Sarwono, & Sukarti, K. (2020). Peningkatan protein dan lemak ikan nila jantan (*Oreochromis niloticus*) setelah diberi pakan buatan dengan tambahan (*Azolla microphylla*). *Jurnal Aquawarman*, *6*(1), 182–190. <https://repository.unmul.ac.id/handle/123456789/19221>

- Sari, Y. P., Setyowati, D. N., & Lestari, D. P. (2023). The effect of the combination of snail flour in feed on the growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fish Nutrition*, 3(1), 39–52. <https://doi.org/10.29303/jfn.v3i1.1413>
- Syahrizal, S., Rustam, Z., & Hajar, S. (2015). Pemeliharaan ikan gurami (*Osphronemus gouramy* Lac.) dalam wadah akuarium diberi pakan cacing sutra (*Tubifex* sp.) pada strata vertikal. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15(4), 164–169. <https://www.neliti.com/publications/225599/>