



Original Article

Peningkatan Kinerja Pertumbuhan Ikan Belida (*Chitala sp*) dengan Penambahan Suplemen Antioksidan Astaxanthin pada Pakan dengan Dosis yang Berbeda

Nadia Jely Monica^{1✉}, Enika Rustya Melani², Rico³, Sofian⁴, Indah Anggraini Yusanti⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas PGRI Palembang, Indonesia

Korespondensi Email: nadiajelym@gmail.com ✉

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi astaxanthin terhadap tingkat stres, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup ikan belida (*Chitala sp.*) pada tahap awal domestikasi di lingkungan budidaya. Ikan belida merupakan spesies endemik Sumatera Selatan yang terancam punah akibat eksploitasi berlebih dan degradasi habitat. Riset dilakukan di kolam percobaan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Palembang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dosis astaxanthin (0, 100, dan 200 mg/kg pakan) serta tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi tingkat kelangsungan hidup (TKH), pertumbuhan panjang mutlak (PPM), pertumbuhan bobot mutlak (PBM), Efisiensi pakan, konversi pakan (FCR) dan glukosa darah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup tertinggi pada perlakuan P3 (93,33%), pertumbuhan panjang mutlak pada perlakuan P3 (5,18 cm), pertumbuhan bobot mutlak pada perlakuan P3 (15,44 g), efisiensi pakan pada perlakuan P3 (34,33 %), pada konversi pakan pada perlakuan P1 (4,49), dan glukosa darah pada P1 (119,67mg/dL). Kesimpulan penelitian adalah penambahan astaxanthin berpengaruh nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan bobot mutlak, efisiensi pakan, konversi pakan, dan glukosa darah. Tetapi pada pertumbuhan panjang mutlak menunjukkan bahwa penambahan astaxanthin pada tidak berpengaruh nyata.

Kata kunci: Astaxanthin, Domestikasi, Belida, Pertumbuhan, Antioksidan

Submitted	: 06 March 2026
Revised	: 09 March 2026
Acceptance	: 18 March 2026
Publish Online	: 19 March 2026

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Universitas Syiah Kuala



Pendahuluan

Perairan daratan di Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi dan berperan penting dalam mendukung keberlanjutan sumber daya perikanan. Berbagai tipe ekosistem perairan seperti sungai, rawa, danau, serta kawasan estuaria menjadi habitat bagi berbagai jenis ikan air tawar yang memiliki nilai ekologis dan

ekonomis yang tinggi. Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi perairan daratan yang cukup besar, khususnya pada sistem perairan Sungai Musi dan kawasan rawa lebaknya. Ekosistem tersebut menjadi tempat hidup bagi berbagai spesies ikan lokal yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber pangan maupun komoditas perikanan bernilai ekonomi ([Agustina et al., 2022](#)). Salah satu ikan air tawar yang cukup dikenal di wilayah ini adalah ikan belida (*Chitala sp.*), yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta memiliki nilai budaya penting karena ditetapkan sebagai maskot Provinsi Sumatera Selatan.

Ikan belida termasuk dalam kelompok ikan famili Notopteridae yang tersebar di berbagai perairan tawar Asia Tenggara. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa spesies ikan belida yang dikenal, antara lain *Chitala borneensis*, *Chitala hypselonotus*, *Chitala lopis*, dan *Notopterus notopterus*. Keberadaan ikan belida di alam saat ini menghadapi berbagai tekanan akibat aktivitas penangkapan yang berlebihan serta degradasi habitat. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia telah menetapkan beberapa spesies ikan belida sebagai jenis ikan yang dilindungi melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1 Tahun 2021 yang kemudian diperkuat melalui Peraturan Presiden Nomor 34 Tahun 2022 sebagai bagian dari upaya konservasi sumber daya perikanan ([Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2021](#)).

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mendukung keberlanjutan populasi ikan belida adalah melalui pengembangan teknologi budidaya dan domestikasi. Domestikasi merupakan proses adaptasi ikan liar terhadap lingkungan budidaya yang terkontrol sehingga memungkinkan ikan tersebut dipelihara secara berkelanjutan dalam sistem akuakultur ([Stickney, 2005](#)). Namun demikian, proses domestikasi ikan liar sering kali menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah stres lingkungan yang terjadi akibat perubahan kondisi habitat dari lingkungan alami menuju lingkungan budidaya. Kondisi stres pada ikan dapat mempengaruhi berbagai aspek fisiologis seperti pertumbuhan, metabolisme, serta respons imun, yang pada akhirnya dapat menurunkan performa produksi dan meningkatkan tingkat mortalitas ikan ([Hastuti et al., 2017](#)).

Secara fisiologis, stres lingkungan dapat memicu peningkatan produksi senyawa reaktif yang dikenal sebagai *Reactive Oxygen Species* (ROS) atau radikal bebas. Radikal bebas merupakan molekul yang tidak stabil dan sangat reaktif sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sel seperti lipid, protein, dan DNA apabila jumlahnya berlebihan ([Halliwell, 2006](#)). Kerusakan sel akibat radikal bebas dapat memicu terjadinya stres oksidatif yang berdampak negatif terhadap kesehatan dan pertumbuhan ikan. Oleh karena itu, upaya untuk mengendalikan stres oksidatif menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan keberhasilan budidaya ikan, khususnya pada tahap domestikasi spesies ikan liar ([Trilaksani, 2003](#)).

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak stres oksidatif pada ikan adalah melalui pemberian suplemen antioksidan dalam pakan. Antioksidan berfungsi untuk menetralkan radikal bebas sehingga dapat mencegah kerusakan sel akibat proses oksidasi. Dalam bidang akuakultur, salah satu senyawa antioksidan yang banyak digunakan adalah astaxanthin. Astaxanthin merupakan pigmen karotenoid yang memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat serta memiliki berbagai fungsi biologis penting bagi organisme akuatik ([Ambati et al., 2014](#)). Senyawa ini diketahui mampu meningkatkan kapasitas antioksidan tubuh, memperbaiki respons imun, serta meningkatkan efisiensi metabolisme energi pada ikan ([Lim et al., 2018](#)).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suplementasi astaxanthin dalam pakan mampu memberikan berbagai manfaat dalam kegiatan budidaya ikan.

Penelitian yang dilakukan oleh [Sofian et al. \(2016\)](#) menunjukkan bahwa penambahan astaxanthin dalam pakan dengan dosis tertentu mampu meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan gurami yang dipelihara pada kepadatan tinggi. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa astaxanthin dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan serta meningkatkan performa fisiologis ikan melalui peningkatan aktivitas enzim pencernaan dan metabolisme energi ([Xie et al., 2020](#); [Wang et al., 2021](#)). Astaxanthin juga diketahui berperan dalam meningkatkan kesehatan ikan serta meningkatkan daya tahan tubuh terhadap berbagai kondisi stres lingkungan ([Sari et al., 2020](#)).

Selain mempengaruhi pertumbuhan dan efisiensi pakan, kondisi stres pada ikan juga dapat diamati melalui perubahan parameter fisiologis seperti kadar glukosa darah. Kadar glukosa darah sering digunakan sebagai indikator fisiologis untuk mengetahui respons stres pada ikan karena perubahan kadar glukosa berkaitan erat dengan aktivitas metabolisme energi selama ikan menghadapi tekanan lingkungan ([Utami et al., 2018](#)). Peningkatan kadar glukosa darah umumnya terjadi ketika ikan mengalami stres sebagai respons terhadap peningkatan kebutuhan energi untuk mempertahankan fungsi fisiologis tubuh ([Patriche, 2009](#)).

Meskipun berbagai penelitian mengenai pemanfaatan astaxanthin dalam pakan ikan telah banyak dilakukan pada beberapa spesies ikan budidaya, informasi mengenai pengaruh suplementasi astaxanthin terhadap pertumbuhan dan respons fisiologis ikan belida masih sangat terbatas. Padahal, ikan belida merupakan salah satu spesies ikan lokal yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta memiliki status konservasi yang penting. Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan astaxanthin sebagai suplemen pakan dalam budidaya ikan belida menjadi sangat penting untuk dilakukan guna mendukung keberhasilan proses domestikasi serta meningkatkan performa produksi ikan tersebut dalam sistem akuakultur.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan suplemen antioksidan astaxanthin dalam pakan terhadap kinerja pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, tingkat kelangsungan hidup, serta kadar glukosa darah ikan belida (*Chitala sp.*) yang dipelihara dalam sistem budidaya terkontrol. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang bermanfaat dalam pengembangan teknologi budidaya ikan belida serta mendukung upaya konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya ikan air tawar lokal di Indonesia.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan selama 60 hari, yaitu mulai tanggal 1 Oktober 2025 hingga 30 November 2025. Lokasi penelitian berada di Kampus C Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Palembang. Lokasi penelitian tersebut dipilih karena memiliki fasilitas yang mendukung kegiatan penelitian budidaya ikan serta ketersediaan sarana laboratorium yang memadai.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa peralatan utama yang mendukung kegiatan pemeliharaan ikan dan pengukuran parameter penelitian. Peralatan tersebut meliputi akuarium berukuran 75 cm × 45 cm × 40 cm yang digunakan sebagai wadah pemeliharaan ikan, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air, rak besi bertingkat sebagai tempat meletakkan media pemeliharaan ikan belida, serta pH meter tipe KL-03(II) dengan resolusi 0,01 pH untuk mengukur tingkat keasaman air. Selain itu, digunakan pula glukometer GlucoDr dengan rentang pengukuran 20–600 mg/dL untuk mengukur kadar glukosa darah ikan, filter air tipe

AR-333 sebagai penyaring kotoran, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g untuk menimbang berat ikan, sprayer plastik untuk menyemprot bahan uji pada pakan, plastik hitam untuk melapisi akuarium, penggaris besi untuk mengukur panjang ikan, serta botol berkapasitas 500 mL sebagai wadah dalam pengukuran amonia.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ikan belida dengan bobot awal sekitar 10–25 g sebagai objek penelitian, pakan buatan berupa pelet komersial Otohime sebagai pakan utama, pakan alami berupa cacing sutra sebagai pakan tambahan, serta Carophyll® Pink yang mengandung astaxanthin sebesar 10% sebagai bahan campuran pakan perlakuan.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga perlakuan dengan tiga ulangan pada masing-masing perlakuan. Penelitian ini mengacu pada metode yang digunakan oleh [Sofiat et al. \(2016\)](#). Perlakuan yang diberikan meliputi P1 yaitu pakan tanpa penambahan astaxanthin (0 mg/kg pakan), P2 yaitu pakan dengan penambahan astaxanthin sebanyak 100 mg/kg pakan, dan P3 yaitu pakan dengan penambahan astaxanthin sebanyak 200 mg/kg pakan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat sembilan unit percobaan.

Tahap pertama dalam prosedur penelitian adalah persiapan wadah. Sebanyak sembilan unit akuarium penelitian terlebih dahulu dicuci menggunakan sabun untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dibilas dengan air bersih hingga tidak terdapat sisa sabun. Setelah itu akuarium dikeringkan, dilapisi dengan plastik hitam, dan diisi dengan air yang telah diaerasi. Setiap akuarium diberi label sesuai kode perlakuan dan ulangan serta dipasang sistem aerasi yang terdiri dari batu aerasi dan selang. Sistem aerasi tersebut dijalankan selama dua hingga tiga hari sebelum penebaran ikan untuk memastikan kondisi lingkungan perairan stabil.

Tahap berikutnya adalah aklimatisasi ikan. Ikan uji yang baru datang ditempatkan terlebih dahulu dalam wadah penampungan sementara untuk beradaptasi dengan lingkungan baru. Proses ini bertujuan untuk mengurangi stres akibat transportasi serta menyeragamkan kondisi fisiologis ikan sebelum diberikan perlakuan. Aklimatisasi dilakukan selama satu bulan dengan pemberian pakan basal berupa pakan komersial tanpa tambahan astaxanthin sebanyak dua kali sehari. Selama periode ini, kondisi kesehatan dan perilaku ikan diamati setiap hari. Ikan yang menunjukkan gejala sakit atau perilaku tidak normal akan dikeluarkan dari penelitian.

Pakan perlakuan dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan pakan komersial berdiameter sekitar 1 mm yang disuplementasi dengan astaxanthin pada dosis berbeda, yaitu 0 mg/kg, 100 mg/kg, dan 200 mg/kg pakan. Astaxanthin yang digunakan adalah produk komersial Carophyll® Pink dengan kandungan astaxanthin sebesar 10%. Proses penambahan astaxanthin dilakukan menggunakan metode pelapisan (coating) sesuai metode [Sofian et al. \(2016\)](#). Astaxanthin sesuai dosis perlakuan terlebih dahulu dilarutkan dalam 100 mL akuades, kemudian larutan tersebut disemprotkan secara merata ke permukaan pakan menggunakan sprayer. Setelah proses pelapisan selesai, pakan dikeringanginkan sebelum diberikan kepada ikan percobaan.

Pelaksanaan penelitian dimulai setelah masa aklimatisasi selesai. Ikan dipuasakan selama 24 jam untuk mengosongkan saluran pencernaan dan menyeragamkan tingkat rasa lapar. Selanjutnya, setiap ikan ditimbang bobotnya dan diukur panjangnya secara individu untuk memperoleh data awal. Ikan kemudian ditebar secara acak ke dalam sembilan akuarium percobaan dengan kepadatan lima ekor per akuarium. Pemberian pakan perlakuan dilakukan dua kali sehari pada pukul 08.00 dan

16.00 dengan metode **at satiation**, yaitu hingga ikan tidak lagi merespons pakan. Pemeliharaan berlangsung selama 60 hari. Sisa pakan dan feses disifon setiap pagi sebelum pemberian pakan pertama untuk menjaga kualitas air.

Sampling dilakukan setiap 15 hari sekali untuk mengukur pertumbuhan ikan. Sebelum pengambilan sampel, ikan dipuasakan selama 24 jam. Ikan dari setiap akuarium ditangkap menggunakan serokan halus dan dipindahkan ke wadah yang berisi air dari akuarium asalnya. Setiap ikan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dan diukur panjang totalnya. Proses ini dilakukan secepat mungkin untuk meminimalkan waktu ikan berada di luar air. Setelah pengukuran selesai, ikan dikembalikan ke akuarium semula. Data kematian ikan juga dicatat setiap hari, termasuk berat ikan yang mati dan tanggal kematiannya.

Manajemen kualitas air dilakukan secara rutin untuk menjaga kondisi lingkungan pemeliharaan tetap optimal. Parameter yang diamati meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO) yang diukur langsung di lokasi setiap tujuh hari sekali pada pagi hari menggunakan termometer, pH meter, dan DO meter. Selain itu, kadar amonia diukur pada awal dan akhir penelitian. Apabila terjadi penurunan kualitas air di luar batas toleransi ikan, dilakukan tindakan perbaikan seperti penyifonan dasar akuarium dan penggantian air sebanyak 30–50% dari total volume air.

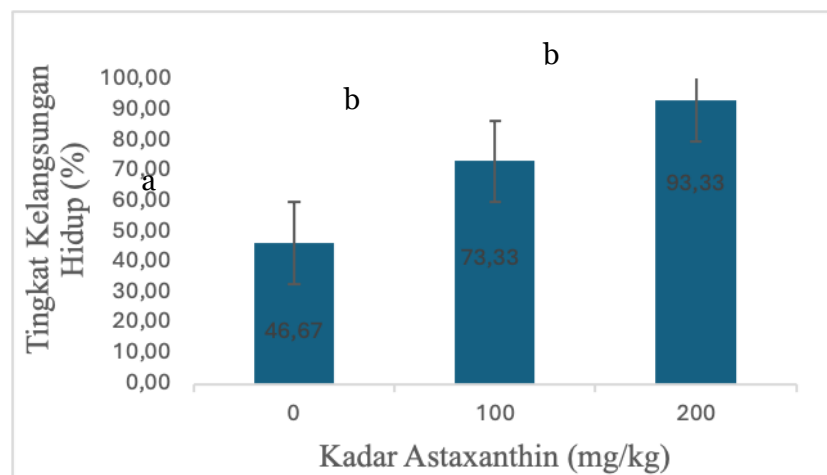
Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi tingkat kelangsungan hidup (TKH), pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, efisiensi pakan, rasio konversi pakan (FCR), kadar glukosa darah, serta parameter kualitas air. Tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan membandingkan jumlah ikan hidup pada akhir pemeliharaan dengan jumlah ikan pada awal pemeliharaan. Pertumbuhan panjang mutlak dihitung dari selisih panjang rata-rata akhir dan awal, sedangkan pertumbuhan bobot mutlak dihitung dari selisih bobot akhir dan bobot awal ikan. Efisiensi pakan dan rasio konversi pakan dihitung berdasarkan total pakan yang dikonsumsi dan penambahan biomassa ikan selama penelitian. Pengukuran glukosa darah dilakukan dengan mengambil sampel darah dari vena kaudalis menggunakan jarum suntik 1 mL, kemudian dianalisis menggunakan glukometer digital dan dinyatakan dalam satuan mg/dL sebagai indikator kondisi fisiologis ikan.

Data yang diperoleh dari parameter pertumbuhan seperti tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, efisiensi pakan, dan rasio konversi pakan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 25. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf kepercayaan 95% ($P < 0,05$), maka analisis dilanjutkan dengan Uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Sementara itu, data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

Hasil Penelitian

Tingkat Kelangsungan Hidup

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pemberian suplemen antioksidan astaxanthin pada pakan dengan dosis yang berbeda menghasilkan nilai rata-rata tingkat kelangsungan hidup ikan belida (*Chitala sp.*) selama 60 hari pemeliharaan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 1. Diagram Rata-rata Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Belida (*Chitala* sp.)

Tabel 1. Rata-rata Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Belida (*Chitala* sp.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
0	40	60	40	140	46,67
100	60	80	80	220	73,33
200	80	100	100	280	93,33

Berdasarkan diagram dan tabel di atas, tingkat kelangsungan hidup ikan belida (*Chitala* sp.) menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan. Perlakuan P3 menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi, yaitu sebesar 93,3%. Selanjutnya diikuti oleh perlakuan P2 dengan nilai sebesar 73,3%, sedangkan tingkat kelangsungan hidup terendah terdapat pada perlakuan P1 dengan persentase sebesar 46,6%.

Berdasarkan penelitian nilai tingkat kelangsungan hidup ikan belida (*Chitala* sp.) di peroleh hasil ANOVA pada perlakuan P1, P2, dan P3 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 2. Uji ANOVA Tingkat Kelangsungan Hidup

	JK	DB	KT	F	Sig.
Perlakuan	3.288,889	2	1.644,444	12,333	0,007
Galat	800,000	6	133,333		
Total	4.088,889	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai (Sig.) sebesar 0,007. Nilai tersebut lebih kecil dari taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan belida dan dilanjut dengan uji DUNCAN. Uji lanjut DUNCAN tingkat kelangsungan hidup ikan belida (*Chitala* sp.):

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala* sp.)

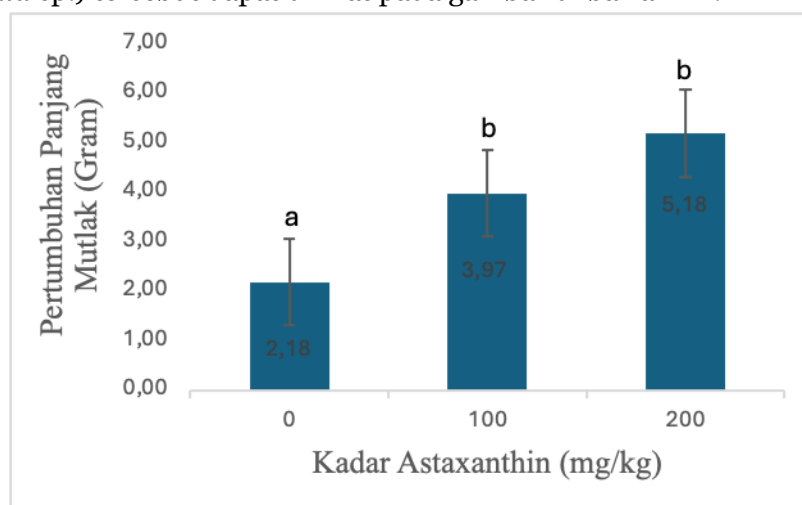
Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD	Subset Duncan ($\alpha=0.05$)
P1	46,6 $\pm$ 11,54	a

P2	73,33 ± 11,54	b
P3	93,33 ± 11,4	b

Berdasarkan uji lanjut DUNCAN pada tingkat kelangsungan ikan belida (*Chitala* sp.) menunjukkan bahwa perlakuan P1 memiliki notasi a, dan perlakuan P2 dan perlakuan P3 memiliki notasi b. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2 dan P3.

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Berdasarkan hasil penelitian pada ikan belida (*Chitala* sp.), pemberian suplemen antioksidan astaxanthin dalam pakan dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan. Hasil pertumbuhan panjang mutlak ikan belida (*Chitala* sp.) tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Rata-rata Pertumbuhan Panjang Mutlak Ikan Belida (*Chitala* sp.)

Tabel 4. Rata-rata Pertumbuhan Panjang Mutlak Ikan Belida (*Chitala* sp.)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
P1	1,85	2,67	2,01	6,53	2,18
P2	3,5	4,17	4,23	11,9	3,97
P3	3,99	5,52	6,04	15,55	5,18

Berdasarkan diagram dan tabel di atas, pertumbuhan panjang mutlak ikan belida (*Chitala* sp.) diukur menggunakan penggaris pada awal penebaran dan pada akhir masa pemeliharaan selama 60 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P3 menghasilkan pertumbuhan panjang mutlak tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan rata-rata panjang awal 13,81 cm dan panjang akhir 19,00 cm, sehingga terjadi pertambahan panjang sebesar 5,18 cm. Selanjutnya, perlakuan P2 menunjukkan panjang awal rata-rata 14,53 cm dan panjang akhir 18,50 cm dengan pertambahan panjang sebesar 3,96 cm. Sementara itu, perlakuan P1 memiliki rata-rata panjang awal 13,38 cm dan panjang akhir 15,56 cm, sehingga menghasilkan pertumbuhan panjang rata-rata sebesar 2,17 cm.

Tabel 5. Uji ANOVA Pertumbuhan Panjang Mutlak

	JK	DB	KT	F	Sig.
Perlakuan	0,216	2	0,108	13,828	0,006
Galat	0,150	6	0,025		
Total	0,365	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,006. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan belida.

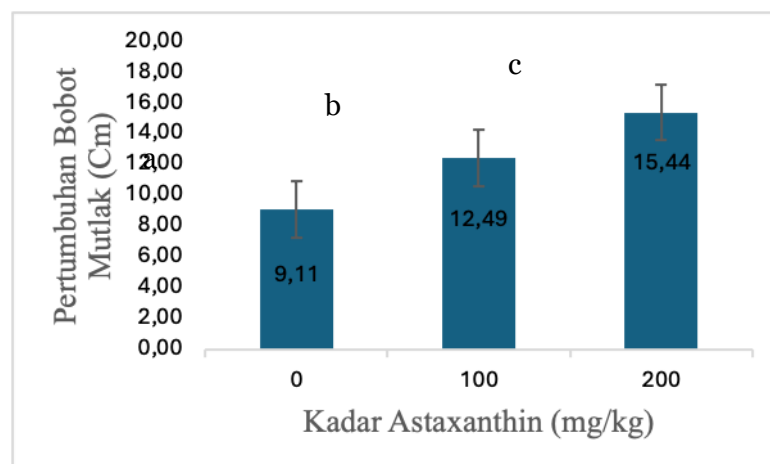
Tabel 6. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ S	Subset Duncan ($\alpha=0,05$)
P1	2,18 $\pm$ 0,43	a
P2	3,97 $\pm$ 0,40	b
P3	5,18 $\pm$ 1,06	b

Berdasarkan hasil uji lanjut DUNCAN pada pertumbuhan panjang mutlak ikan (*Chitala sp.*) menunjukkan perlakuan P2 dan P3 memiliki notasi b sedangkan perlakuan P1 memiliki notasi a, dengan demikian perlakuan P2 dan P3 memiliki hasil berbeda nyata dengan perlakuan P1.

Pertumbuhan Bobot Mutlak

Berdasarkan hasil penelitian, pada penambahan suplemen antiosidan astaxanthin pada pakan dengan dosis yang berbeda diperoleh rata-rata pertumbuhan bobot mutlak ikan belida (*Chitala sp.*) selama 60 hari dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 3. Diagram Rata-rata Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Belida (*Chitala sp.*)Tabel 7. Rata-rata Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
P1	7,8	9,66	9,86	27,32	9,11
P2	12,33	14,5	10,64	37,47	12,49

P3	14,35	15,68	16,28	46,31	15,44
----	-------	-------	-------	-------	-------

Berdasarkan diagram dan tabel di atas, pertumbuhan bobot mutlak ikan belida (*Chitala sp.*) diukur menggunakan timbangan pada awal penebaran dan pada akhir masa pemeliharaan selama 60 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P3 menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi, dengan rata-rata bobot awal sebesar 15,83 g dan bobot akhir 31,26 g sehingga mengalami pertambahan bobot sebesar 15,43 g. Selanjutnya, perlakuan P2 memiliki bobot awal rata-rata 20,08 g dan bobot akhir 32,57 g dengan pertambahan bobot sebesar 12,49 g. Sementara itu, perlakuan P1 menunjukkan rata-rata bobot awal 15,13 g dan bobot akhir 24,23 g.

Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan bobot ikan belida (*Chitala sp.*) diperoleh ANOVA pada perlakuan P1, P2, dan P3 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 8. Uji ANOVA Pertumbuhan Bobot Mutlak

	JK	DI	KT	F	Sig.
Perlakuan	60,199	2	30,099	15,024	0,005
Galat	12,021	6	2,003		
Total	72,219	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,005. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan belida. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan sebagai berikut:

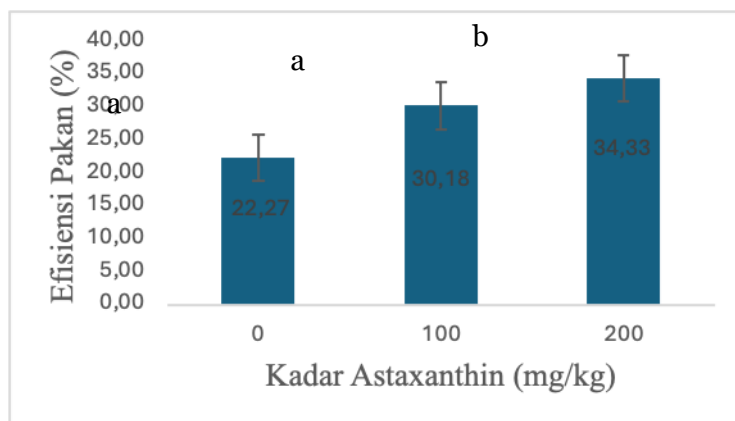
Tabel 9. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD	Subset Duncan ($\alpha=0.05$)
P1	9,11 $\pm$ 1,13	a
P2	12,49 $\pm$ 1,93	b
P3	15,44 $\pm$ 0,98	b

Berdasarkan hasil uji lanjut DUNCAN pada pertumbuhan bobot mutlak ikan belida (*Chitala sp.*) menunjukkan bahwa perlakuan P1 memiliki notasi a, perlakuan P2 memiliki notasi b, dan perlakuan P3 memiliki notasi c. Dengan demikian setiap perlakuan memiliki hasil berbeda sangat nyata.

Efisiensi Pakan

Berdasarkan hasil penelitian, pada penambahan suplemen antiosidan astaxanthin pada pakan dengan dosis yang berbeda diperoleh rata-rata efisiensi pakan ikan belida (*Chitala sp.*) selama 60 hari dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Diagram Rata-rata Efisiensi Pakan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Tabel 10. Rata-rata Efisiensi Pakan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
P1	21,429	22,423	22,964	66,816	22,3
P2	30,489	34,753	25,304	90,547	30,18
P3	33,370	35,717	33,917	103,004	34,33

Berdasarkan diagram dan tabel diatas Efisiensi pada ikan belida (*Chitala sp.*) tertinggi pada perlakuan P3 yaitu sebesar 34,33%, diikuti perlakuan P2 yakni sebesar 30,18%, dan efisiensi pakan terendah ada pada perlakuan P1 yakni sebesar 22,27%.

Berdasarkan penelitian efisiensi pakan ikan belida (*Chitala sp.*) diperoleh hasil ANOVA pada perlakuan P1, P2, dan P3 dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 11. Uji ANOVA Efisiensi Pakan

	JK	DB	KT	F	Sig.
Perlakuan	225,321	2	112,660	13,792	0,006
Galat	49,011	6	8,169		
Total	274,332	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,006. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pakan ikan belida. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Hasil uji lanjut Duncan terhadap efisiensi pakan pada ikan belida (*Chitala sp.*) adalah sebagai berikut:

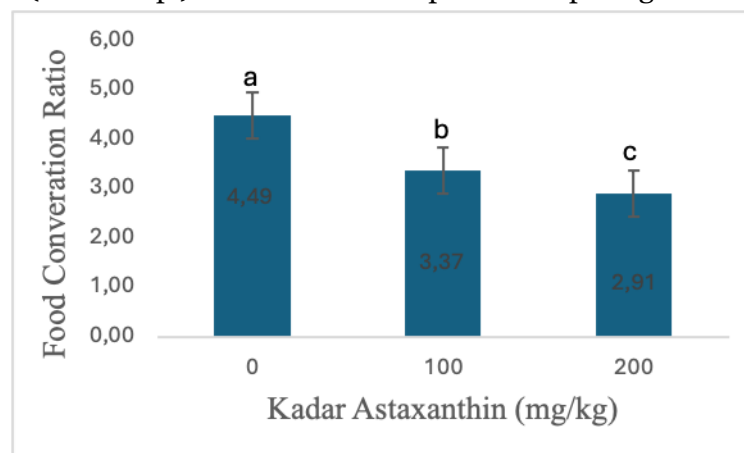
Tabel 12. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD	Subset Duncan ($\alpha=0.05$)
P1	22,27 $\pm$ 22,272	a
P2	30,18 $\pm$ 30,182	a
P3	34,33 $\pm$ 34,334	b

Berdasarkan hasil uji lanjut DUNCAN pada efisiensi pakan pada ikan belida (*Chitala sp.*) menunjukkan perlakuan P1 dan P2 memiliki notasi yang sama yakni a, sedangkan P3 memiliki notasi b. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan perlakuan P2 tidak berbeda nyata dan pada perlakuan P3 menunjukkan hasil berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan perlakuan P2.

Food Conversion Ratio (FCR)

Berdasarkan hasil penelitian, pada penambahan suplemen antiosidan astaxanthin pada pakan dengan dosis yang berbeda diperoleh rata-rata food conversion ratio ikan belida (*Chitala sp.*) selama 60 hari dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Diagram Rata-rata Food Conversion Ratio Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Tabel 13. Rata-rata Food Conversion Ratio Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
P1	4,667	4,460	4,355	13,48	4,49
P2	3,280	2,877	3,952	10,11	3,37
P3	2,997	2,800	2,948	8,74	2,91

Berdasarkan diagram dan tabel diatas food conversion ratio pada ikan belida (*Chitala sp.*) dengan rata-rata tertinggi pada perlakuan P1 yaitu sebesar 4,49, diikuti perlakuan P2 yakni sebesar 3,37, dan laju pertumbuhan spesifik terendah ada pada perlakuan P3 yakni sebesar 2,91.

Berdasarkan penelitian food conversion ratio ikan belida (*Chitala sp.*) diperoleh hasil ANOVA pada perlakuan P1, P2, dan P3 dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 14. Uji ANOVA Food Conversion Ratio (FCR)

	JK	Dl	KT	F	Sig.
Perlakuan	3,964	2	1,982	17,983	0,003
Galat	0,661	6	0,110		
Total	4,625	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,003. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat

disimpulkan bahwa pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai *food conversion ratio* (FCR) pada ikan belida. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Hasil uji lanjut Duncan terhadap *food conversion ratio* pada ikan belida (*Chitala sp.*) adalah sebagai berikut:

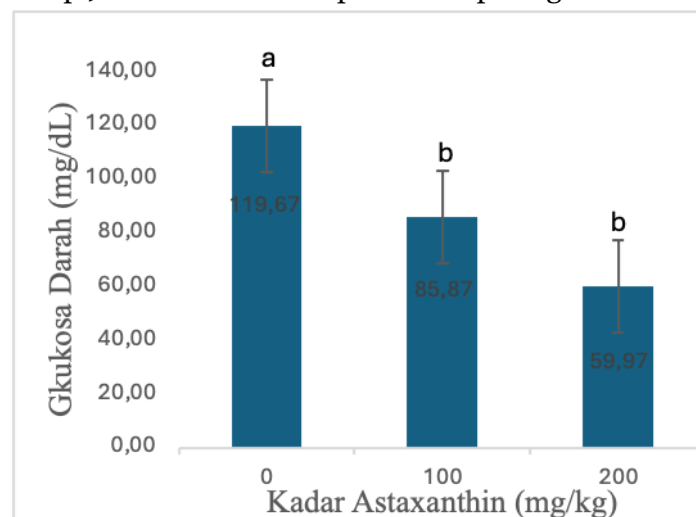
Tabel 15. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD	Subset Duncan ($\alpha=0.05$)
P1	4,49 $\pm$ 4,494	a
P2	3,37 $\pm$ 3,37	b
P3	2,91 $\pm$ 2,915	c

Berdasarkan hasil uji lanjut DUNCAN pada food conversion ratio (FCR) ikan belida (*Chitala sp.*) menunjukkan bahwa perlakuan P1 memiliki notasi a, perlakuan P2 memiliki notasi a, dan perlakuan P3 memiliki notasi b. Dengan demikian setiap perlakuan memiliki hasil berbeda sangat nyata.

Glukosa Darah

Berdasarkan hasil penelitian, pada penambahan suplemen antiosidan astaxanthin pada pakan dengan dosis yang berbeda diperoleh rata-rata glukosa darah ikan belida (*Chitala sp.*) selama 60 hari dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Diagram Rata-rata Glukosa Darah Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Tabel 16. Rata-rata Glukosa Darah Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	U1	U2	U3		
P1	133	91	135	359	119,67
P2	90	89,6	78	257,6	85,87
P3	63	48,6	68,3	179,9	59,97

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh terhadap kadar glukosa darah ikan belida (*Chitala sp.*). Rata-rata kadar glukosa darah tertinggi terdapat pada perlakuan P1, yaitu sebesar 119,67 mg/dL, diikuti perlakuan P2 sebesar 85,87 mg/dL, dan terendah pada perlakuan P3 sebesar 59,97 mg/dL. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis astaxanthin dalam

pakan cenderung menurunkan kadar glukosa darah ikan belida. Glukosa darah yang terbalik (tinggi di perlakuan P1) menunjukkan bahwa tanpa astaxanthin, ikan mengalami hiperglikemia sebagai respons stres, yang bisa jadi indikator kesehatan buruk.

Berdasarkan penelitian glukosa darah ikan belida (*Chitala sp.*) diperoleh hasil ANOVA pada perlakuan P1, P2, dan P3 dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 17. Uji ANOVA Glukosa Darah

	JK	DI	KT	F	Sig.
Perlakuan	5.377,340	2	2.688,670	10,507	0,011
Galat	1.535,420	6	255,903		
Total	6.912,760	8			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,011. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar glukosa darah ikan belida. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil Uji Lanjut Duncan Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD	Subset Duncan ($\alpha=0.05$)
P1	119,67 $\pm$ 24,84	a
P2	85,87 $\pm$ 6,81	b
P3	59,97 $\pm$ 10,19	b

Berdasarkan hasil uji Duncan, perlakuan P3 menunjukkan nilai glukosa darah sebesar 59,97 $\pm$ 10,19 mg/dL, sedangkan perlakuan P2 sebesar 85,87 $\pm$ 6,81 mg/dL, dan keduanya memiliki notasi a. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua perlakuan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Sementara itu, perlakuan P1 memiliki kadar glukosa darah paling tinggi, yaitu 119,67 $\pm$ 24,84 mg/dL, dengan notasi b, yang berarti berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan P2 dan P3.

Kualitas Air

Selama berlangsungnya pemeliharaan ikan belida dengan penambahan antioksidan astaxanthin pada pakan meliputi Suhu, pH, DO, dan Amonia diperoleh data parameter kualitas air yang ditampilkan pada Tabel 22. sebagai berikut:

Tabel 19. Kisaran Kualitas Air Ikan Belida (*Chitala sp.*)

Parameter	Dosis Suplemen Astaxanthin (mg/kg pakan)			Baku mutu*
	P1	P2	P3	
Suhu (°C)	29,87-30,0	28,37-29,8	28,1-29,9	Deviasi 3 dari suhu normal
pH	6,4-7,4	6,9-7,2	6,6-7,4	6 – 9
Oksigen Terlarut	4,11-5,68	5,22-6,08	5,78-5,96	4

(mg/L)				
Amonia	0,32-0,67	0,225-1,28	0,127-0,55	0,002
(mg/dL)				

*Keterangan: Standar Baku Mutu untuk kegiatan budidaya ikan air tawar (Kelas II) PP No. 82 Tahun 2001

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu air selama pemeliharaan ikan belida berkisar antara 28,10–30,02 °C. Kisaran ini masih tergolong sesuai untuk pemeliharaan ikan air tawar tropis, termasuk ikan belida. Suhu tertinggi tercatat pada perlakuan P1, sedangkan suhu terendah terdapat pada perlakuan P3. Meski demikian, perbedaan suhu antarperlakuan relatif kecil dan tetap berada dalam batas toleransi ikan. Sementara itu, nilai pH media pemeliharaan ikan belida selama penelitian berada pada kisaran 6,4–7,4 untuk seluruh perlakuan. Kisaran pH ini termasuk netral hingga sedikit asam dan masih sesuai dengan batas baku mutu perairan untuk budidaya ikan air tawar, yaitu pH 6–9.

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada media pemeliharaan ikan belida selama penelitian tercatat berada pada kisaran 4,11–6,08 mg/L. Nilai ini memenuhi batas minimum oksigen terlarut yang diperlukan untuk budidaya ikan air tawar, yaitu ≥ 4 mg/L. Sementara itu, kadar amonia yang terukur selama penelitian berkisar antara 0,127–1,28 mg/L. Pada beberapa perlakuan, khususnya P2, kadar amonia melebihi batas ideal yang direkomendasikan untuk budidaya ikan air tawar yang bersifat sensitif terhadap polutan nitrogen.

Pembahasan

Tingkat Kelangsungan Hidup

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh suplementasi astaxanthin dalam pakan terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan belida, setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata. Perlakuan tanpa tambahan astaxanthin (0 mg/kg) menghasilkan tingkat kelangsungan hidup sebesar 46,67%, sedangkan pada dosis 100 mg/kg meningkat menjadi 73,33%, dan pada dosis tertinggi 200 mg/kg mencapai nilai tertinggi sebesar 93,33%. Data ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa peningkatan dosis astaxanthin berkorelasi dengan peningkatan peluang bertahan hidup ikan belida selama masa pemeliharaan.

Peningkatan tingkat kelangsungan hidup pada dosis astaxanthin 100 dan 200 mg/kg dapat dijelaskan melalui peran biologis senyawa ini sebagai antioksidan yang efektif. Astaxanthin berfungsi melindungi sel-sel ikan dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas serta menurunkan stres oksidatif, yang biasanya meningkat selama pemeliharaan intensif. Dengan kondisi fisiologis yang lebih stabil, kemampuan ikan untuk beradaptasi terhadap lingkungan budidaya meningkat, sehingga secara signifikan menurunkan risiko kematian.

Selain itu, astaxanthin juga berperan dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh ikan. Menurut Ambati et al. (2014), astaxanthin mampu meningkatkan respons imun non-spesifik, seperti aktivitas fagositosis serta fungsi berbagai sel imun lainnya. Dengan meningkatnya kemampuan sistem imun, ikan menjadi lebih resisten terhadap serangan penyakit, infeksi, maupun tekanan lingkungan, termasuk perubahan kualitas air, kepadatan pemeliharaan, dan kompetisi pakan. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa ikan yang memperoleh astaxanthin pada dosis lebih tinggi cenderung memiliki tingkat kelangsungan hidup yang lebih baik.

Astaxanthin diketahui memiliki peranan penting dalam mendukung sistem imun ikan. Sebagai antioksidan alami, senyawa ini mampu menetralkan radikal bebas, meningkatkan mekanisme pertahanan tubuh, serta melindungi jaringan dari kerusakan akibat stres oksidatif (Putra *et al.*, 2021). Penelitian pada ikan nila juga menunjukkan bahwa pemberian astaxanthin dapat meningkatkan ketahanan ikan terhadap stres lingkungan serta membantu menjaga kestabilan proses metabolisme, sehingga memberikan dampak positif terhadap tingkat kelangsungan hidup (Rahman *et al.* 2019).

Ikan belida diketahui memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan kualitas air serta mudah mengalami stres fisiologis. Oleh karena itu, penambahan senyawa antioksidan dalam pakan dapat menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan keberhasilan kegiatan budidaya. Hal tersebut tercermin dari peningkatan yang signifikan pada tingkat kelangsungan hidup ikan, yaitu dari 46,67% pada perlakuan tanpa penambahan astaxanthin menjadi 93,33% pada pemberian astaxanthin dengan dosis 200 mg/kg pakan.

Peningkatan tingkat kelangsungan hidup ikan juga dipengaruhi oleh kondisi kesehatan umum organisme. Ikan yang memiliki sistem imun yang baik, metabolisme yang stabil, serta tingkat stres yang rendah cenderung memiliki daya tahan yang lebih tinggi selama proses pemeliharaan. Astaxanthin berperan dalam mendukung ketiga aspek tersebut, sehingga secara tidak langsung dapat menekan tingkat mortalitas ikan. Oleh karena itu, astaxanthin tidak hanya berfungsi sebagai pigmen alami, tetapi juga sebagai senyawa bioaktif yang memiliki peran penting dalam menunjang keberhasilan kegiatan budidaya ikan belida.

Penambahan astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan belida. Pemberian astaxanthin dengan dosis 200 mg/kg pakan terbukti menjadi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kelangsungan hidup ikan. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam penyusunan formulasi pakan yang mampu mendukung pertumbuhan dan mempertahankan kelangsungan hidup ikan belida, sehingga dapat meningkatkan keberhasilan kegiatan budidaya, terutama pada tahap awal pemeliharaan yang umumnya memiliki tingkat mortalitas yang relatif tinggi.

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Dalam penelitian ini, penambahan astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan ikan belida yang dipelihara selama periode penelitian. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan yang jelas pada pertumbuhan ikan pada setiap perlakuan yang diberikan. Perlakuan P1 menunjukkan rata-rata pertumbuhan sebesar 2,17 cm, P2 sebesar 3,96 cm, dan P3 sebesar 5,18 cm. Data tersebut mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan pertumbuhan seiring dengan bertambahnya dosis astaxanthin yang diberikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis astaxanthin dalam pakan cenderung diikuti oleh peningkatan pertumbuhan ikan belida.

Pertumbuhan ikan yang lebih tinggi pada perlakuan dengan dosis astaxanthin yang lebih besar dapat dijelaskan melalui peran utama senyawa tersebut sebagai antioksidan kuat. Astaxanthin mampu mengurangi tingkat stres oksidatif pada tubuh ikan sehingga proses metabolisme dapat berlangsung lebih efisien. Ketika kondisi fisiologis ikan berada dalam keadaan stabil dan tidak mengalami tekanan fisiologis yang tinggi, energi yang sebelumnya digunakan untuk mekanisme pemeliharaan tubuh dapat dialokasikan untuk proses pertumbuhan jaringan, termasuk pertumbuhan panjang

tubuh. Kondisi ini diduga menyebabkan ikan belida pada perlakuan P3 menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Sebagai ikan karnivora dengan tingkat metabolisme yang tinggi, kebutuhan akan antioksidan menjadi semakin penting untuk menjaga kesehatan jaringan dan mendukung pertumbuhan. Dalam perlakuan P3, dosis astaxanthin yang lebih tinggi kemungkinan memenuhi kebutuhan Sebagai ikan karnivora dengan tingkat metabolisme yang relatif tinggi, kebutuhan terhadap senyawa antioksidan menjadi semakin penting untuk menjaga kesehatan jaringan serta menunjang proses pertumbuhan. Pada perlakuan P3, pemberian astaxanthin dengan dosis yang lebih tinggi diduga mampu memenuhi kebutuhan fisiologis ikan, sehingga mendukung tercapainya pertumbuhan yang lebih optimal. Selain itu, kondisi ikan yang lebih sehat dan mengalami tingkat stres yang lebih rendah umumnya memiliki nafsu makan yang lebih baik, sehingga konsumsi pakan dapat berlangsung secara maksimal. Faktor tersebut turut berkontribusi terhadap peningkatan laju pertumbuhan ikan.

Dan fisiologis ikan, yang mengarah pada pertumbuhan yang optimal. Selain itu, ikan dengan tubuh yang lebih sehat dan stres yang minimal umumnya memiliki nafsu makan yang lebih baik, yang menghasilkan konsumsi pakan yang maksimal. Faktor ini juga berkontribusi pada pertumbuhan yang lebih cepat.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Agustinus dan Minggawati (2019) pada ikan betok *Anabas testudineus*, yang melaporkan bahwa penambahan bahan fungsional dalam pakan mampu meningkatkan pertumbuhan ikan secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suplementasi astaxanthin dalam pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan ikan belida. Perlakuan P3 menunjukkan hasil yang paling optimal dan signifikan dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga dapat menjadi dasar dalam merekomendasikan dosis astaxanthin pada fase pertumbuhan ikan belida. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan strategi formulasi pakan guna meningkatkan produktivitas budidaya ikan belida di masa mendatang.

Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan pemanfaatan pakan serta respons fisiologis ikan terhadap perlakuan nutrisi yang diberikan. Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 6, penambahan antioksidan astaxanthin dalam pakan menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan belida.

Rata-rata pertumbuhan bobot mutlak ikan belida pada perlakuan P1 (tanpa penambahan astaxanthin) tercatat sebesar 9,11 g. Nilai tersebut meningkat pada perlakuan P2 (100 mg astaxanthin/kg pakan) menjadi 12,49 g, dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan P3 (200 mg astaxanthin/kg pakan) sebesar 15,44 g. Peningkatan nilai pertumbuhan bobot mutlak tersebut menunjukkan bahwa suplementasi astaxanthin dalam pakan mampu meningkatkan laju pertumbuhan ikan belida secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis yang diberikan.

Nilai pertambahan bobot mutlak yang relatif rendah pada perlakuan P1 diduga disebabkan oleh ketergantungan ikan sepenuhnya pada sistem antioksidan endogen, sehingga sebagian energi yang diperoleh dari pakan dialokasikan untuk mempertahankan keseimbangan fisiologis tubuh. Sebaliknya, pada perlakuan P2 dan P3, keberadaan astaxanthin sebagai antioksidan eksogen berperan dalam menekan stres

oksidatif, sehingga proporsi energi yang berasal dari pakan dapat lebih banyak dimanfaatkan untuk proses pertumbuhan dan pembentukan jaringan tubuh.

Astaxanthin berperan sebagai antioksidan yang sangat efektif dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif serta mendukung proses metabolisme protein. Penelitian oleh [Sari *et al.* \(2020\)](#) menunjukkan bahwa astaxanthin mampu menstimulasi peningkatan hormon pertumbuhan (Growth Hormone/GH) serta faktor pertumbuhan mirip insulin (Insulin-like Growth Factor-1/IGF-1) pada ikan air tawar. Mekanisme tersebut terjadi melalui penguatan proses anabolisme protein, sehingga nutrisi yang berasal dari pakan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal untuk pembentukan jaringan tubuh baru. Kondisi ini menjelaskan peningkatan bobot tubuh ikan yang signifikan pada perlakuan P2 dan P3.

Nilai pertumbuhan bobot mutlak ikan belida dalam penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan ikan patin maupun ikan nila pada beberapa penelitian lokal. Kondisi tersebut berkaitan dengan karakteristik biologis ikan belida yang cenderung memiliki laju pertumbuhan lebih lambat, kebutuhan metabolisme yang tinggi untuk pemeliharaan jaringan tubuh, serta kebiasaan makan yang bersifat karnivora dan selektif. Temuan ini sejalan dengan laporan Putri *et al.* (2019), yang menegaskan bahwa penambahan nutrisi fungsional dalam pakan menjadi penting untuk mendukung pertumbuhan ikan belida secara optimal.

Peningkatan pertumbuhan bobot mutlak yang terjadi akibat pemberian astaxanthin menunjukkan bahwa senyawa tersebut memiliki potensi strategis sebagai aditif pakan fungsional dalam kegiatan budidaya ikan belida di Indonesia. Pertumbuhan yang optimal tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan biomassa, tetapi juga dapat mempercepat siklus produksi. Perlakuan P3 dengan dosis 200 mg/kg pakan menunjukkan hasil yang paling baik, sehingga dapat direkomendasikan sebagai dosis yang efektif untuk mendukung peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam budidaya ikan belida.

Efisiensi Pakan

Efisiensi pakan merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan ikan dalam memanfaatkan pakan yang dikonsumsi untuk menunjang proses fisiologis serta menghasilkan peningkatan biomassa. Nilai efisiensi pakan sangat dipengaruhi oleh kualitas pakan, kemampuan ikan dalam mencerna dan menyerap nutrisi, serta kondisi metabolisme selama masa pemeliharaan. Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 13, penambahan antioksidan astaxanthin ke dalam pakan terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan pada ikan belida.

Nilai rata-rata efisiensi pemanfaatan pakan tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 dengan nilai sebesar 34,33, diikuti oleh perlakuan P2 sebesar 30,18, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan P1 yaitu 22,27. Peningkatan nilai tersebut menunjukkan bahwa pemberian suplemen astaxanthin mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan secara bertahap seiring dengan meningkatnya dosis yang diberikan.

Efisiensi pemanfaatan pakan yang relatif rendah pada perlakuan P1 menunjukkan bahwa ikan belida belum mampu mengoptimalkan penggunaan pakan yang dikonsumsi. Kondisi ini diduga berkaitan dengan tingginya kebutuhan energi yang digunakan untuk mempertahankan kondisi fisiologis tubuh serta merespons tekanan fisiologis yang terjadi. Tanpa adanya suplementasi antioksidan tambahan dari pakan, ikan cenderung memanfaatkan lebih banyak energi metabolik untuk menjaga kestabilan

seluler, sehingga efisiensi pemanfaatan pakan menjadi lebih rendah.

Astaxanthin merupakan salah satu jenis karotenoid yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan sistem antioksidan serta meningkatkan efisiensi proses metabolisme energi. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan [Xie et al. \(2020\)](#) pada ikan yang dibudidayakan di perairan tawar, yang melaporkan bahwa penambahan astaxanthin dalam pakan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan melalui peningkatan kinerja respirasi seluler dan aktivitas mitokondria. Selain itu, [Zhang et al. \(2019\)](#) juga menyatakan bahwa ikan yang diberikan pakan dengan suplementasi astaxanthin tambahan menunjukkan efisiensi pakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol, meskipun jumlah pakan yang dikonsumsi relatif sama.

Pada perlakuan P2 dan P3, peningkatan efisiensi pemanfaatan pakan diduga tidak hanya disebabkan oleh aktivitas antioksidan astaxanthin, tetapi juga berkaitan dengan perannya dalam meningkatkan proses pencernaan nutrisi. [Wang et al. \(2021\)](#) menyatakan bahwa astaxanthin dapat meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, sehingga proses penyerapan protein dan energi oleh tubuh ikan berlangsung lebih optimal.

Hasil penelitian ini menunjukkan pola yang sejalan dengan studi yang dilakukan oleh [Li et al. \(2018\)](#) pada ikan karnivora, yang melaporkan bahwa pemberian astaxanthin pada dosis sedang hingga tinggi mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Peningkatan efisiensi pakan yang diamati pada perlakuan P3 juga sejalan dengan temuan [Yuan et al. \(2020\)](#), yang menyatakan bahwa pemberian astaxanthin pada dosis yang optimal dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi oleh ikan tanpa harus meningkatkan jumlah pakan yang dikonsumsi.

Menurut [Rahman et al. \(2019\)](#), respons ikan terhadap penambahan bahan aditif dalam pakan sangat dipengaruhi oleh spesies ikan serta kondisi lingkungan pemeliharannya. Oleh karena itu, meskipun astaxanthin secara umum terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, tingkat peningkatan yang dihasilkan dapat bervariasi bergantung pada jenis ikan dan dosis yang diberikan. Peningkatan efisiensi pakan tersebut juga memiliki implikasi ekonomis yang signifikan dalam kegiatan budidaya ikan belida, karena efisiensi pakan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa jumlah pakan yang diperlukan untuk menghasilkan biomassa ikan menjadi lebih sedikit, sehingga biaya produksi dapat ditekan.

Food Conversion Ratio

Feed Conversion Ratio (FCR) merupakan salah satu indikator penting dalam kegiatan budidaya ikan untuk menilai tingkat efisiensi pemanfaatan pakan, baik dari aspek biologis maupun ekonomis. Parameter ini menggambarkan hubungan antara jumlah pakan yang dikonsumsi, kemampuan ikan dalam mencerna pakan tersebut, serta energi yang digunakan untuk proses metabolisme. Nilai FCR yang rendah menunjukkan bahwa ikan mampu memanfaatkan pakan secara optimal, sedangkan nilai FCR yang tinggi menandakan efisiensi pemanfaatan pakan yang kurang baik sehingga berpotensi meningkatkan biaya produksi. Berdasarkan data penelitian yang disajikan pada Tabel 6, penambahan astaxanthin dalam pakan terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai FCR pada ikan belida.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rasio konversi pakan (FCR) tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 tanpa penambahan astaxanthin, yaitu sebesar 4,49. Sementara itu, pada perlakuan P2 dengan penambahan astaxanthin 100 mg/kg pakan dan perlakuan P3

dengan dosis 200 mg/kg pakan masing-masing menunjukkan nilai FCR sebesar 3,37 dan 2,91. Penurunan nilai FCR tersebut seiring dengan peningkatan dosis astaxanthin, yang mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi dalam konversi pakan. Kondisi ini tidak hanya berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan ikan, tetapi juga dipengaruhi oleh efisiensi metabolisme yang lebih baik serta kestabilan kondisi fisiologis ikan belida.

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai FCR tertinggi tercatat pada perlakuan P1 (0 mg astaxanthin/kg pakan) sebesar 5,96, sedangkan pada perlakuan P2 (100 mg/kg pakan) dan P3 (200 mg/kg pakan) masing-masing menghasilkan nilai FCR sebesar 3,74 dan 2,67. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan dosis astaxanthin dalam pakan berkontribusi terhadap perbaikan efisiensi pemanfaatan pakan pada ikan belida.

Penurunan nilai rasio konversi pakan (FCR) seiring dengan peningkatan dosis astaxanthin menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dalam pemanfaatan pakan. Perbaikan tersebut tidak hanya berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan, tetapi juga dipengaruhi oleh meningkatnya efisiensi metabolisme serta kestabilan kondisi fisiologis ikan belida. Penurunan nilai FCR yang cukup nyata pada dosis 200 mg/kg juga sejalan dengan temuan [Lim S. J. et al. \(2018\)](#), yang menyatakan bahwa suplementasi karotenoid pada dosis tinggi (sekitar 150–200 mg/kg) pada beberapa jenis ikan tropis dapat memperbaiki struktur mikrovili usus. Perbaikan struktur tersebut berperan dalam meningkatkan kemampuan penyerapan nutrisi, sehingga menjelaskan mengapa perlakuan P3 (200 mg/kg) menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan P2 (100 mg/kg).

Nilai rasio konversi pakan (FCR) yang relatif tinggi pada perlakuan P1 menunjukkan bahwa ikan belida memerlukan jumlah pakan yang lebih besar untuk menghasilkan peningkatan biomassa. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebagian besar energi yang berasal dari pakan digunakan untuk mempertahankan fungsi fisiologis dasar, khususnya dalam menghadapi tekanan lingkungan serta menjalankan aktivitas metabolisme normal tanpa adanya dukungan antioksidan tambahan.

Astaxanthin berfungsi sebagai antioksidan eksogen yang mampu mengurangi beban metabolik yang timbul akibat stres oksidatif. Peran astaxanthin tidak hanya terbatas pada peningkatan pertumbuhan, tetapi juga dalam meningkatkan efisiensi alokasi energi yang berasal dari pakan. Kehadiran senyawa antioksidan ini dapat menekan kebutuhan energi yang digunakan untuk proses tersebut, sehingga jumlah pakan yang dikonsumsi dapat menghasilkan biomassa yang lebih tinggi.

Perbedaan nilai rasio konversi pakan (FCR) pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa penambahan astaxanthin berpotensi meningkatkan kemampuan ikan belida dalam memanfaatkan pakan, terutama pada pemberian dosis yang lebih tinggi. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa astaxanthin dapat berperan sebagai bahan aditif pakan yang bermanfaat dalam mendukung efisiensi pemanfaatan pakan pada kegiatan budidaya ikan belida.

Menurut [Aprilia et al. \(2018\)](#), peningkatan nilai efisiensi pakan menunjukkan bahwa pemanfaatan pakan oleh ikan cenderung menjadi kurang efisien. Nilai rasio konversi pakan (FCR) dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kepadatan tebar, bobot dan umur ikan, suhu perairan, serta metode pemberian pakan yang meliputi kualitas, kuantitas, dan frekuensi pemberian pakan. Selain itu, perbedaan nilai FCR juga dapat disebabkan oleh variasi kemampuan penyerapan nutrisi pada masing-masing ikan, ukuran tubuh, umur, serta jumlah ikan yang digunakan sebagai sampel penelitian, sebagaimana dijelaskan oleh [Fitriyanto et al. \(2020\)](#).

Glukosa Darah

Pada perlakuan P1 (0 mg/kg) sebagai kontrol, diperoleh nilai glukosa darah tertinggi yaitu sebesar 119,67 mg/dL. Nilai yang relatif tinggi tersebut menunjukkan bahwa tanpa adanya suplementasi antioksidan eksogen, ikan cenderung mengalami tingkat stres oksidatif yang lebih besar. Kondisi ini dapat memicu pelepasan hormon kortisol yang selanjutnya merangsang proses glukoneogenesis dan glikogenolisis guna menyediakan energi secara cepat dalam menghadapi kondisi stres, sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi glukosa dalam plasma darah. Sebaliknya, pada perlakuan P3 dengan dosis 200 mg/kg, kadar glukosa darah tercatat paling rendah yaitu 59,97 mg/dL. Penurunan yang cukup signifikan ini mengindikasikan bahwa astaxanthin berperan secara efektif sebagai agen protektif yang mampu menekan respons metabolik terhadap berbagai stresor, baik yang berasal dari lingkungan maupun faktor internal tubuh ikan.

Penurunan kadar glukosa pada perlakuan P3 mengindikasikan adanya perbaikan kondisi fisiologis ikan. Penelitian yang dilakukan oleh [Widiastuti et al. \(2022\)](#) menunjukkan bahwa kadar glukosa darah pada benih ikan maru berada pada kisaran 40–90 mg/dL. Selain itu, [Patriche N. \(2009\)](#) menyatakan bahwa kadar glukosa darah yang stabil pada rentang 40–90 mg/dL pada ikan tawes mencerminkan proses metabolisme energi yang berlangsung secara efisien tanpa adanya peningkatan hormon stres, seperti kortisol. Oleh karena itu, nilai glukosa yang diperoleh pada perlakuan P3 sebesar 59,97 mg/dL menunjukkan bahwa pemberian astaxanthin dengan dosis 200 mg/kg pakan efektif dalam mempertahankan keseimbangan fisiologis (homeostasis) pada ikan belida.

Glukosa memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan energi yang meningkat akibat kondisi stres, karena keadaan stres dapat mengalihkan penggunaan energi dari proses metabolisme normal menuju energi yang digunakan untuk mengaktifkan respons fisiologis dalam menghadapi stres. Hal ini sebagaimana dijelaskan oleh [Andrade et al. \(2015\)](#). Penurunan kadar glukosa darah menunjukkan bahwa energi yang berasal dari glukosa telah dimanfaatkan oleh ikan untuk mendukung proses respons dan adaptasi fisiologis terhadap kondisi stres.

Pada perlakuan P3 dengan dosis 200 mg/kg pakan, kadar glukosa darah ikan belida tercatat paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pemberian astaxanthin pada dosis yang lebih tinggi mampu memberikan perlindungan yang lebih efektif terhadap stres metabolik. Astaxanthin diduga berperan dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi serta memperbaiki respons jaringan terhadap insulin, sehingga glukosa dalam darah dapat dimanfaatkan secara lebih optimal oleh tubuh ikan.

Kualitas Air

Pemberian suplemen antioksidan semacam astaxanthin dilaporkan sanggup meningkatkan perkembangan, pemanfaatan pakan, dan kesehatan ikan. menurut [Sofian et al. \(2019\)](#), suplementasi astaxanthin bisa meningkatkan bobot akhir, serta efisiensi pakan ikan gabus. Astaxanthin pula meningkatkan kegiatan enzim pencernaan sehingga penyerapan nutrisi lebih maksimal, dan menguatkan sistem antioksidan internal ikan, termasuk SOD serta CAT, yang menolong merendahkan tekanan pikiran oksidatif ([Sofian et al., 2016](#)).

Dalam konteks domestikasi ikan belida di Sumatera Selatan, menjaga kualitas air

sekaligus memberikan astaxanthin pada pakan dapat mendukung pertumbuhan yang lebih optimal. [Panjaitan \(2023\)](#) menunjukkan bahwa suplementasi astaxanthin pada pakan dapat memperbaiki pertumbuhan dan kondisi fisiologis ikan, sehingga membantu ikan lokal beradaptasi lebih mudah dengan sistem budidaya. Penelitian lain juga menemukan bahwa astaxanthin meningkatkan kecerahan warna tubuh dan kelangsungan hidup pada ikan konsumsi, termasuk ikan koi, yang menunjukkan peningkatan aktivitas metabolik ([Al Husna et al., 2022](#); [Lalita, et al., 2022](#)).

Suhu yang tercatat selama penelitian berada pada kisaran 28,10–30,02 °C. Rentang suhu tersebut menunjukkan kondisi yang sangat mendukung bagi pertumbuhan ikan tropis. Menurut [Boyd \(2020\)](#), kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan ikan di wilayah tropis umumnya berada pada rentang 25–32 °C. Secara khusus pada ikan belida, [Wicaksono et al. \(2021\)](#) menyatakan bahwa suhu antara 28–30 °C dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, karena pada kisaran tersebut aktivitas enzim pencernaan berlangsung secara optimal. Selain itu, kondisi suhu tersebut juga sejalan dengan rekomendasi Huet ([1994](#)) yang menyebutkan bahwa ikan dari famili Notopteridae memerlukan suhu perairan yang hangat dan stabil untuk mencegah penurunan fungsi sistem imun.

Peningkatan suhu yang masih berada dalam batas toleransi fisiologis dapat merangsang peningkatan laju metabolisme ikan, yang selanjutnya berdampak pada meningkatnya nafsu makan. Kondisi ini menjadi sangat penting dalam penelitian terkait pemberian astaxanthin, karena keberhasilan proses pigmentasi sangat dipengaruhi oleh jumlah pakan yang mampu dikonsumsi oleh ikan. Menurut [Lim S. J. et al. \(2018\)](#), kestabilan suhu dapat mendukung proses penyerapan karotenoid di dalam usus halus ikan melalui mekanisme difusi pasif yang berlangsung secara lebih efisien. Sebaliknya, apabila suhu berada pada tingkat yang terlalu rendah, aktivitas enzim karotenoid-oksigenase dapat terhambat sehingga proses penyerapan pigmen warna tidak berlangsung secara optimal.

Suhu tertinggi selama penelitian tercatat pada perlakuan P1, sedangkan suhu terendah terdapat pada perlakuan P3. Meskipun demikian, perbedaan tersebut masih berada dalam kisaran toleransi yang normal bagi ikan. Perubahan suhu yang bersifat drastis, yaitu lebih dari 3 °C dalam waktu singkat, berpotensi menimbulkan stres pada ikan, namun pada penelitian ini kondisi suhu relatif stabil. Secara teknis, pengendalian suhu yang baik dalam wadah pemeliharaan juga berperan dalam mencegah terjadinya penurunan kadar oksigen terlarut secara tiba-tiba. Menurut [Hefni Effendi \(2003\)](#), suhu memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kelarutan gas di dalam air, di mana peningkatan suhu akan menurunkan kemampuan air dalam melarutkan oksigen. Dengan suhu yang terjaga pada kisaran sekitar 30 °C, keseimbangan antara kebutuhan metabolisme ikan belida dan ketersediaan oksigen dalam media pemeliharaan dapat dipertahankan secara optimal. Kondisi tersebut memungkinkan ikan tetap aktif serta mampu merespons pemberian pakan yang diperkaya astaxanthin dengan baik sepanjang periode pemeliharaan.

Nilai pH media pemeliharaan selama penelitian berada pada kisaran 6,4–7,4. Rentang tersebut termasuk dalam kategori netral hingga sedikit asam, yang mencerminkan kondisi alami habitat ikan belida di perairan sungai yang umumnya dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui SNI 01-6141-1999, kisaran pH yang diperbolehkan untuk kegiatan budidaya ikan air tawar adalah 6–9. Stabilitas nilai pH tersebut berperan penting dalam mempertahankan keseimbangan asam–basa dalam darah ikan sehingga

mendukung fungsi fisiologisnya secara optimal.

Stabilitas nilai pH juga memiliki pengaruh terhadap kesehatan jaringan eksternal ikan, seperti kulit dan lapisan lendir (mukus). Kondisi pH yang terlalu ekstrem dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan mukus ikan belida, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi patogen. [Wicaksono dkk. \(2021\)](#) menekankan bahwa ikan belida cenderung menyukai perairan dengan tingkat fluktuasi pH yang rendah guna meminimalkan stres osmoregulasi yang berpotensi menghambat pertumbuhan. Selain itu, [Wedemeyer \(1996\)](#) menyatakan bahwa kisaran pH air yang optimal (6,5–8,0) dapat mendukung integritas struktural kromatofora, yaitu sel yang berperan dalam penyimpanan pigmen seperti astaxanthin.

Selain itu, nilai pH yang berada pada kisaran netral berperan dalam mendukung ketersediaan mikronutrien di dalam perairan. Kondisi pH yang terlalu rendah dapat meningkatkan kelarutan logam berat yang bersifat toksik, sedangkan pH yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan terjadinya presipitasi kalsium fosfat. Oleh karena itu, kisaran pH yang diperoleh dalam penelitian ini dinilai mampu menunjang proses fisiologis ikan belida dalam mendistribusikan astaxanthin ke jaringan epidermis secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas air selama penelitian berada dalam keadaan yang mendukung, sehingga tidak menjadi faktor pembatas dalam mengevaluasi efektivitas perlakuan dosis P1, P2, dan P3.

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang tercatat adalah 4,11–6,08 mg/L. Berdasarkan kriteria kualitas air untuk perikanan budidaya, kadar DO minimal yang disyaratkan adalah ≥ 4 mg/L. Oksigen merupakan faktor kunci dalam metabolisme energi. [Boyd \(2020\)](#) menekankan bahwa penurunan kadar DO di bawah 3 mg/L dapat menyebabkan penurunan nafsu makan yang drastis dan menghambat pertumbuhan pada sebagian besar ikan air tawar. Ikan belida sebagai ikan yang bernapas dengan bantuan organ labirin tambahan tetap memerlukan DO air yang cukup untuk menunjang aktivitas metaboliknya.

Nilai oksigen terlarut (DO) yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa proses difusi oksigen dari atmosfer ke dalam perairan serta sirkulasi air di dalam wadah pemeliharaan berlangsung secara optimal. Ketersediaan oksigen yang memadai memungkinkan ikan belida menyerap astaxanthin secara lebih efektif. Proses penyerapan tersebut memerlukan energi dalam bentuk ATP yang dihasilkan melalui respirasi seluler, di mana oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron terakhir dalam rantai transpor elektron. Menurut [Chien dan Shiau \(2005\)](#), konsumsi oksigen pada ikan cenderung meningkat secara signifikan setelah pemberian pakan, yang dikenal sebagai fenomena *Specific Dynamic Action* (SDA). Oleh karena itu, ketersediaan DO yang tinggi sangat diperlukan untuk mendukung proses metabolisme dan pemanfaatan nutrisi dari pakan secara optimal.

Ketersediaan oksigen terlarut di atas 4 mg/L juga berhubungan erat dengan ketahanan fisiologis ikan. [Lim S. J. et al. \(2018\)](#) menjelaskan bahwa astaxanthin dapat bekerja secara sinergis dengan oksigen dalam mempertahankan sistem imun ikan melalui mekanisme aktivitas antioksidan. Apabila kadar oksigen berada pada tingkat rendah, ikan berpotensi mengalami stres oksidatif yang dapat merusak pigmen yang telah diserap, sehingga efektivitas pewarnaan tidak optimal meskipun dosis astaxanthin ditingkatkan. Ketersediaan oksigen yang memadai juga berperan dalam menjaga stabilitas astaxanthin dalam bentuk kompleks lemak (lipoprotein) sebelum akhirnya terakumulasi pada jaringan kulit ikan.

Selanjutnya, oksigen terlarut memiliki peran penting dalam proses nitrifikasi,

yaitu proses konversi amonia yang bersifat toksik menjadi nitrat yang relatif lebih aman melalui aktivitas bakteri nitrifikasi. Menurut [Effendi \(2003\)](#), bakteri nitrifikasi merupakan organisme aerobik obligat yang memerlukan ketersediaan oksigen dalam jumlah memadai untuk melakukan aktivitas metabolisme. Oleh karena itu, keberadaan nilai oksigen terlarut (DO) yang berada di atas batas minimum turut berkontribusi dalam mempertahankan kualitas air dengan mencegah terjadinya akumulasi limbah nitrogen yang berasal dari sisa pakan.

Kadar amonia terukur berkisar antara 0,127–1,28 mg/L. Kisaran ini menunjukkan adanya akumulasi senyawa nitrogen yang cukup signifikan, terutama pada perlakuan P2 (100 mg/kg). Menurut [Lim et al. \(2018\)](#), batas ideal amonia untuk budidaya ikan air tawar yang intensif sebaiknya tidak melebihi 0,1 mg/L, meskipun banyak spesies masih mampu menoleransi hingga 1 mg/L tergantung pada kondisi pH dan suhu. [Ebeling et al. \(2006\)](#) menyatakan bahwa toksisitas amonia meningkat seiring kenaikan pH dan suhu air.

Tingginya konsentrasi amonia pada perlakuan P2 diduga berkaitan dengan akumulasi sisa pakan yang mengalami proses dekomposisi di media pemeliharaan. Pakan buatan yang diperkaya astaxanthin pada dosis tertentu kemungkinan memiliki tingkat palatabilitas yang berbeda, sehingga sebagian pakan yang tidak segera dikonsumsi dapat mengendap di dasar wadah dan mengalami pembusukan. Menurut [Ghufran M. H. Kordi \(2010\)](#), amonia total dalam perairan budidaya umumnya berasal dari hasil ekskresi nitrogen oleh ikan serta proses penguraian bahan organik oleh bakteri heterotrof. Pada dosis 100 mg/kg, kondisi ini diduga menyebabkan ketidakseimbangan antara tingkat konsumsi pakan oleh ikan dan kemampuan bakteri pengurai dalam memproses bahan organik yang terdapat di dalam media pemeliharaan.

Pada perlakuan P3 dengan dosis 200 mg/kg, konsentrasi amonia tercatat lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P2. Kondisi ini diduga berkaitan dengan adanya mekanisme respons adaptif pada ikan atau peningkatan efisiensi dalam pemanfaatan pakan pada dosis tersebut. Menurut [Wicaksono et al. \(2021\)](#), keseimbangan antara pemberian dosis nutrisi tambahan dan pengelolaan sisa pakan yang tidak dimanfaatkan berperan penting dalam menjaga stabilitas kadar amonia pada sistem budidaya ikan belida, yang diketahui memiliki sensitivitas tinggi terhadap senyawa nitrogen. Temuan ini menunjukkan bahwa dosis 200 mg/kg kemungkinan lebih sesuai bagi ikan belida atau memiliki stabilitas kimia yang lebih baik di perairan, sehingga tidak mudah mengalami dekomposisi menjadi amonia bebas.

Kesimpulan

1. Penambahan antioksidan astaxanthin pada pakan terhadap pertumbuhan panjang mutlak dan pertumbuhan bobot mutlak pada ikan belida (*Chitala sp.*) berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak dan pertumbuhan bobot mutlak ikan belida.
2. Penambahan astaxanthin terhadap tingkat kelangsungan dan efisiensi pakan ikan belida berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup dan efisiensi pakan ikan belida.
3. Penambahan antioksidan astaxanthin berpengaruh sangat nyata pada glukosa darah ikan belida dengan hasil tertinggi pada glukosa darah.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan penulis menyarankan agar

penelitian sebaiknya menambahkan dosis untuk astaxanthin pada pakan. Supaya bisa melihat apakah dengan pemberian dosis pada pakan bisa membantu meningkatkan tingkat kinerja pertumbuhan ikan belida.

Daftar Pustaka

- Agustina, S., Yulisman, & Huda, N. (2022). Karakteristik Habitat dan Aspek Biologi Ikan Belida (*Chitala lopis*) di Perairan Lebak Jungkal Kabupaten Ogan Ilir. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(3), 324-333.
- Agustinus, F. & Minggawati, I. (2019). Pertumbuhan ikan betok (*Anabas testudineus*) yang dipelihara menggunakan hapa di kolam tanah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 8(2), 89-92.
- Al Husna, A., Isriansyah dan Nikhlani, A. 2022. Efektivitas Penambahan Astaxanthin pada Pakan Terhadap Kualitas Warna, Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Koi (*Cyprinus carpio*). *J. Aquawarman*. Vol. 8 (1): 155-164.
- Ambati, R.R., Phang, S.M., Ravi, S., & Aswathanarayana, R.G. (2014). Astaxanthin: Sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications—A review. *Marine Drugs*, 12(1), 128-152.
- Andrade T, Afonso A, Peres-Jimenez A, OlivaTeles A, de Las Heras V, Mancera JM, Serradeiro R, Costas B. 2015. Evaluation of different stocking densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: Implicationa for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture* 438: 6-11.
- Aprilia, P., S. Karina dan Mellisa, S. 2018. Penambahan Suplemen Viterna Plus Pada Pakan Benih Ikan Patin Addition of Supplements on Feed Catfish (*Pangasius* sp). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 3(1):66-75.
- Boyd, C. E. (2020). *Water Quality: An Introduction*. Springer Nature. DOI: 10.1007/978-3-030-23335-8
- Chien, Y. H., & Shiau, W. C. (2005). The effects of dietary vitamin C, E, and astaxanthin on the coloring, growth and survival of neon tetra *Paracheirodon innesi*. *Aquaculture*, 244(1-4), 215-223. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.11.020
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic nitrifying and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346-358. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019
- Effendie, M.I. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta.
- Effendie, M. I. 2000. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 hal.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fitriyanto, A.N., Ediyanto dan V.D. Gultom. 2020. Efektivitas Penambahan Probiotik terhadap Pertumbuhan, FCR, dan Sintasan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Satya Minabahari*, 5(2):73-84.
- Francis-Floyd, R., et al. (2009). *Ammonia in Fishponds*. University of Florida IFAS Extension.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & Van der Laan, R. (Eds.). (2024). *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Diakses pada 23 juli 2024.
- Gao, L., Zhang, Z., Sun, J., & Yang, F. (2025). *Advances and trends for astaxanthin synthesis in Phaffia rhodozyma*. *Microbial Cell Factories*, 24, 100.
- Guerin, M., Huntley, M.E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: Applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21(5), 210-216.
- Hastuti, S., Mokoginta, I., & Jusadi, D. (2017). Respons stres ikan nila (*Oreochromis niloticus*) terhadap pemberian pakan fungsional. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(2), 123-131.

- Halliwell B. 2006. Reactive species and antioxidants: Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiol.* 141:312-322.
- Huet, M. (1994). *Textbook of Fish Culture: Breeding and Cultivation of Fish*. Fishing News Books.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). *Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1/KEPMEN-KP/2021 tentang Jenis Ikan yang Dilindungi*.
- Kordi, M. G. H. (2010). *Panduan Lengkap Memelihara Ikan Air Tawar di Wadah Terkontrol*. Liliput. Jakarta.
- Lalita, A., Lili, W., Iskandar, dan Pratiwi, F.M. 2022. The Effect of Differences in the Addition of Astaxanthin and Several Sources of Natural β -carotene in Increasing Color Intensity of Koi Fish (*Cyprinus carpio* L.). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 18(2): 38-47.
- Lim, K. C., Yusoff, F. M., Shariff, M., & Kamarudin, M. S. (2018). Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 10(3), 738-773. DOI: 10.1111/raq.12200
- Maren, P., et al. (2022). Physiology and Health Indicators in Teleost Fish. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- Menteri Kelautan dan Perikanan RI. 2021. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2021 tentang Jenis Ikan Yang Dilindungi. Jakarta (ID): 1-24.
- Metwally, O. K. M., Mersal, A. T., El-Gendy, A., & Gabr, N. M. (2023). *Evaluation of biochemical changes in induced diabetic male rats by different methods*. *International Journal of Theoretical and Applied Research*, 2(2), 247-255.
- Muslim, M., Yulisman, Y., & Fitriani, M. (2019). Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Belida (*Chitala lopis*) yang Diberi Pakan Berbahan Baku Tepung Ikan Berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 7(1), 12-23.
- Naguib, Y.M.A. (2000). Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1150-1154.
- Nakano, T., Tosa, M., & Takeuchi, M. (1999). Improvement of biochemical features in fish health by red yeast and astaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9), 3431-3435.
- National Research Council (NRC). (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Patriche, T. (2009). The Importance of Glucose Determination In The Blood Of The Cyprinids. *Importanța Determinării Glucozei Din Sângele Ciprinidelor*. *Biotehnologii*, 42(2).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 14 Desember 2001. Lembar Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153. Jakarta.
- Prasetyo, D., & Handajani, H. (2020). Pengaruh pengkayaan *Daphnia sp.* menggunakan astaxanthin terhadap kualitas warna ikan cupang (*Betta splendens*). *Jurnal Sains Perikanan Indonesia*, 16(2), 87-94.
- Presiden RI. 2022. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2022 tentang Rencana Aksi Kebijakan Kelautan Indonesia Tahun 2021-2025. Jakarta (ID): 1-252.
- Putra, A.H., Siregar, D.H. & Lestari, N. (2021). *Pengaruh suplementasi antioksidan alami terhadap performa pertumbuhan ikan air tawar*. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Tropis*, 13(3), 122-130.
- Putri, L., Setiawati, M., & Jusadi, D. (2019). Karakteristik pertumbuhan ikan patin dan nila terhadap pakan fungsional. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(1), 11-20.
- Rahman, M. M., Kader, M. A., & Bulbul, M. (2019). Effects of dietary additives on feed utilization in freshwater fish. *Aquaculture Reports*, 15, 100-222.
- Sari, D. P., Mulyani, Y., & Kartika, R. (2020). Aktivitas hormon pertumbuhan dan efek karotenoid pada ikan air tawar. *Jurnal Riset Akuakultur Indonesia*, 14(1), 55-64.
- Sari, D. P., Mulyani, Y., & Kurniawan, A. (2019). Respons fisiologis ikan air tawar

- endemik terhadap stres lingkungan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 19(3), 357–366.
- Shah, M.M.R., Liang, Y., Cheng, J.J., & Daroch, M. (2016). Astaxanthin-producing microorganisms: A review. *Bioresource Technology*, 222, 437–447.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). (1999). *SNI 01-6141-1999: Produksi Benih Ikan Patin Siam Kelas Benih Sebar*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sofian, Jusadi D, Nuryati S. 2016. Pertumbuhan dan Status Antioksidan Ikan Gurami yang Diberi Level Suplementasi Astaxanthin Berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 15(1): 24–31.
- Sofian, Syaeful, A., & Saputra, M. (2019). Kinerja pertumbuhan ikan gabus (*Channa striata*) dengan suplementasi astaxanthin pada level berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 7(2), 77–85.
- Stickney, R. R. (2005). *Aquaculture: An Introductory Text*. CABI Publishing.
- Timmons, M. B., et al. (2002). *Recirculating Aquaculture Systems*. Cayuga Aqua Ventures.
- Trilaksani W. 2003. Antioksidan: Jenis, sumber, mekanisme kerja dan peran terhadap kesehatan. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Utami, R., Hasan, Z., & Iskandar. (2018). Respons fisiologis ikan patin (*Pangasius sp.*) terhadap stres lingkungan ditinjau dari perubahan kadar glukosa darah. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 29–36.
- Wang, J., Chen, X., Li, S., & Zhou, H. (2021). Astaxanthin supplementation improves digestive enzyme activity and feed efficiency in fish. *Aquaculture Nutrition*, 27(3), 899–908.
- Watanabe T. 1988. *Fish Nutrition and Mariculture*. Tokyo, Japan: JICA Textbook the General Aquaculture Course.
- Wicaksono, A., dkk. (2021). Evaluasi Kualitas Air pada Budidaya Ikan Belida (*Chitala lopis*) dengan Pemberian Pakan Diperkaya Karotenoid. *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(2), 101–110. DOI: 10.15578/jra.16.2.2021.101-110
- Widiastuti, Rohmah, Maheno Sri Widodo, dan Abd. Rahem Faqih. “Respon Hormon Stress dan Glukosa Darah Benih Ikan Maru (*Channa maruloides*) terhadap Suhu Berbeda.” *Syntax Idea*, vol. 4, no. 5, 2022, hlm. 843–851, DOI:10.46799/syntax-idea. v4i5.1839.
- Xie, S., Fang, H., Chen, Y., & Zhang, Y. (2020). Dietary astaxanthin enhances energy utilization and feed efficiency in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 99, 221–229.
- Yuan, Y., Li, J., & Chen, L. (2020). Optimal astaxanthin supplementation improves feed utilization efficiency in cultured fish. *Aquaculture Research*, 51(7), 2801–2810.
- Zhang, J., Wang, L., Li, X., & Li, P. (2019). Effects of dietary astaxanthin on feed efficiency and physiological performance of fish. *Aquaculture Research*, 50(6), 1569–1578.