

Suplementasi tepung spirulina yang difermentasi untuk pertumbuhan dan tingkat kecerahan warna ikan mas koki (*Carassius auratus* L.)

Fermented spirulina powder supplementation for growth and color brightness of goldfish (*Carassius auratus* L.)

**Januarti Palinggi<sup>1</sup>, Joppy D. Mudeng<sup>2</sup>, Edwin L.A. Ngangi<sup>2</sup>, Reni L. Kreckhoff<sup>2</sup>, Winda M. Mingkid<sup>2</sup>, Jeffrie F. Mokolensang<sup>2</sup>, Sipriana S. Tumembouw<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

<sup>2)</sup> Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

Penulis korespondensi: J. D. Mudeng, [joppy.mdg@unsrat.ac.id](mailto:joppy.mdg@unsrat.ac.id)

### **Abstract**

Goldfish (*Carassius auratus* L.) is a freshwater ornamental fish commodity whose economic value is largely determined by its body color quality. This study aimed to evaluate the effect of fermented *Spirulina* sp. powder supplementation on the growth performance and color brightness of goldfish. The research used a completely randomized design (CRD) with four treatments (A: 0%, B: 3%, C: 6%, and D: 9% fermented spirulina) and three replications. Microalgae fermentation was carried out using baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for 48 hours to increase nutrient bioavailability. The results showed that the highest absolute growth was obtained in treatment D (3.43 g), but statistically, there was no significant difference ( $P>0.05$ ) across all treatments. The feed conversion ratio (FCR) showed the best efficiency at the 9% dose (0.66). For the color parameter, the best consistent brightness increase was produced by treatment B (3% dose). In conclusion, 3-6% fermented spirulina supplementation is recommended to maintain the balance between somatic growth and color pigment quality in goldfish.

**Keywords:** Carotenoids, bioavailability, baker's yeast, feed nutrition.

### **Abstrak**

Ikan mas koki (*Carassius auratus* L.) merupakan komoditas ikan hias air tawar yang nilai ekonomisnya sangat ditentukan oleh kualitas warna tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suplementasi tepung *Spirulina* sp. yang difermentasi terhadap performa pertumbuhan dan kecerahan warna ikan mas koki. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan (A: 0%, B: 3%, C: 6%, dan D: 9% spirulina fermentasi) dan tiga ulangan. Fermentasi mikroalga dilakukan menggunakan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) selama 48 jam untuk meningkatkan bioavailabilitas nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan mutlak tertinggi diperoleh pada perlakuan D (3,43 g), namun secara statistik tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ) di semua perlakuan. Nilai konversi pakan (FCR)

menunjukkan efisiensi terbaik pada dosis 9% (0,66). Untuk parameter warna, peningkatan kecerahan terbaik secara konsisten dihasilkan oleh perlakuan B (dosis 3%). Kesimpulannya, suplementasi spirulina fermentasi dosis 3-6% direkomendasikan untuk menjaga keseimbangan antara pertumbuhan somatik dan kualitas pigmen warna pada ikan mas koki.

**Kata kunci:** Karotenoid, bioavailabilitas, ragi roti, nutrisi pakan.

## PENDAHULUAN

Ikan hias merupakan salah satu sektor perikanan yang terus berkembang di Indonesia. Di antara berbagai jenis ikan hias air tawar, ikan mas koki (*Carassius auratus* L.) menempati posisi istimewa di hati para kolektor karena variasi morfologi dan keindahan warnanya. Namun, tantangan utama dalam budidaya intensif ikan ini adalah degradasi warna yang sering terjadi akibat minimnya asupan pigmen alami dalam pakan komersial biasa. Ikan tidak dapat mensintesis pigmen secara internal, sehingga kualitas visual sangat bergantung pada suplementasi karotenoid eksternal.

*Spirulina* sp. telah lama dikenal sebagai agen pewarna alami yang kaya akan fikosianin dan beta-karoten. Selain pigmen, mikroalga ini mengandung protein tinggi berkisar 60-70%. Namun, kendala utama penggunaan tepung spirulina adalah adanya dinding sel yang terdiri dari peptidoglikan kompleks yang sulit dipecah oleh enzim pencernaan ikan non-herbivora secara optimal. Hal ini memicu perlunya inovasi melalui proses bioteknologi berupa fermentasi.

Fermentasi menggunakan mikroba seperti *Saccharomyces cerevisiae* atau ragi roti berperan penting dalam mendegradasi komponen dinding sel mikroalga melalui aksi enzimatik. Proses ini tidak hanya meningkatkan daya cerna protein tetapi juga melepaskan pigmen yang terikat dalam matriks sel, sehingga lebih mudah diserap oleh mikrovili usus ikan. Penelitian ini dirancang untuk mendalami sejauh mana bioaugmentasi melalui fermentasi spirulina ini mampu memberikan dampak positif pada laju pertumbuhan dan peningkatan kualitas warna ikan mas koki.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan selama 30 hari pemeliharaan, berlokasi di Laboratorium Teknologi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

### Persiapan Ikan Uji dan Wadah

Ikan mas koki yang digunakan memiliki ukuran panjang total berkisar 5-8 cm. Sebelum penelitian dimulai, ikan diaklimatisasi selama 7 hari dalam wadah penampungan besar untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan laboratorium dan pakan dasar. Wadah pemeliharaan berupa 12 unit toples plastik bervolume 2 liter air, yang dilengkapi dengan sistem aerasi terus-menerus untuk menjaga suplai oksigen. Kepadatan tebar adalah 1 ekor per wadah guna

meminimalisir kompetisi pakan dan memudahkan pengamatan perubahan warna individu secara presisi.

### **Proses Fermentasi Spirulina**

Tepung *Spirulina* fermentasi disiapkan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pencampuran tepung *Spirulina* dengan air steril dengan rasio tertentu.
2. Penambahan molase sebagai sumber karbon untuk mendukung pertumbuhan mikroba fermentor.
3. Inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti) ke dalam campuran.
4. Proses inkubasi dilakukan dalam kondisi terkontrol selama 48 jam pada suhu ruang (28-30°C).
5. Setelah fermentasi selesai, campuran dikeringkan dengan suhu rendah untuk menjaga stabilitas pigmen karotenoid yang sensitif terhadap panas.

### **Formulasi Pakan Uji**

Pakan dasar yang digunakan adalah pelet komersial dengan kadar protein minimal 30%. Suplementasi dilakukan dengan teknik *coating* (penyalutan). Tepung *Spirulina* fermentasi ditimbang sesuai dosis perlakuan (0%, 3%, 6%, dan 9% dari total berat pakan). Perekat berupa progol dicampurkan dengan tepung dan disemprotkan secara merata pada pelet, kemudian dianginkan hingga kering.

### **Rancangan Percobaan**

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan:

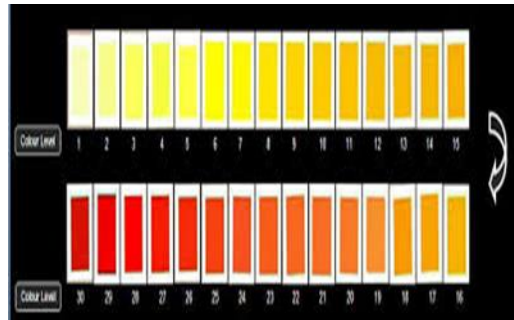
- **Perlakuan A:** Pakan kontrol (0% *Spirulina* fermentasi).
- **Perlakuan B:** Pakan dengan 3% *Spirulina* fermentasi.
- **Perlakuan C:** Pakan dengan 6% *Spirulina* fermentasi.
- **Perlakuan D:** Pakan dengan 9% *Spirulina* fermentasi.

### **Parameter Pertumbuhan dan Kualitas Air**

Data pertumbuhan dan kualitas air diukur setiap minggu selama empat minggu. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi: pertumbuhan Berat Mutlak, pertumbuhan Nisbi dan pertumbuhan Harian dan rasio konversi pakan. Parameter kualitas air yang diamati adalah: suhu, pH dan oksigen terlarut.

### **Analisis Warna**

Pengamatan warna dilakukan menggunakan *Toca Colour Indicator* (TCI) yang memiliki gradasi skor 1 sampai 7. Pengamatan dilakukan oleh panelis secara visual pada awal dan akhir penelitian untuk menentukan selisih peningkatan atau penurunan intensitas warna.



Gambar 1. Alat pengukur skala warna *Toca Colour Indicator* (Barus *et al.*, 2014)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Performa Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan

Berdasarkan pengamatan selama 45 hari masa pemeliharaan, data performa pertumbuhan ikan mas koki (*Carassius auratus* L.) yang meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan harian, dan rasio konversi pakan menunjukkan tren yang bervariasi antar perlakuan. Data lengkap mengenai parameter pertumbuhan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Mas Koki

Perlakuan	Berat awal (g)	berat akhir (g)	pertumbuhan mutlak (g)	pertumbuhan nisbi (%)	SGR (%)	FCR	Efisiensi
A	10.51	13.79	3.28	31.20	0.91	0.92	26.22
B	10.69	14.03	3.34	31.55	0.91	0.86	27.79
C	11.10	14.49	3.39	31.76	0.89	0.84	28.09
D	11.44	14.87	3.43	30.62	0.87	0.66	34.82

### Pertumbuhan Mutlak

Pertumbuhan mutlak merupakan selisih antara bobot tubuh ikan pada akhir penelitian dengan bobot tubuh pada awal penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan mutlak tertinggi dicapai oleh perlakuan D (penambahan 9% spirulina fermentasi) yaitu sebesar 3,43 g, diikuti oleh perlakuan C (3,39 g), perlakuan B (3,34 g), dan terendah pada perlakuan kontrol A (3,28 g). Secara visual, terlihat adanya kenaikan linear pertumbuhan seiring dengan bertambahnya dosis spirulina fermentasi.

Peningkatan bobot ini erat kaitannya dengan kandungan nutrisi dalam *Spirulina* sp. yang sangat kompleks, terutama protein yang berkisar antara 60-70%. Namun, faktor kunci dalam penelitian ini adalah proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Menurut Özyurt

*et al.* (2023), proses fermentasi pada mikroalga berperan penting dalam mendegradasi struktur dinding sel yang kaku (peptidoglikan), sehingga komponen intraseluler seperti asam amino esensial dan mineral menjadi lebih tersedia secara biologis (*bioavailable*) untuk diserap oleh jonjot usus ikan. Tanpa fermentasi, dinding sel spirulina seringkali sulit dipecah secara sempurna oleh enzim pencernaan ikan mas koki, yang mengakibatkan sebagian nutrisi terbuang bersama feses.

Meskipun terdapat tren kenaikan, hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa penambahan tepung spirulina fermentasi memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ) terhadap pertumbuhan mutlak. Hal ini senada dengan temuan Khalil *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa pada ikan hias dewasa atau benih berukuran besar, respons pertumbuhan somatik terhadap suplementasi karotenoid seringkali memerlukan waktu pengamatan yang lebih lama untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

### **Pertumbuhan Nisbi**

Pertumbuhan nisbi (*relative growth rate*) merupakan parameter yang menggambarkan persentase penambahan bobot ikan dibandingkan dengan bobot awal selama periode waktu tertentu. Berdasarkan data pada Tabel 4.1, nilai pertumbuhan nisbi tertinggi dicapai oleh Perlakuan C (6%) sebesar 31,76%, disusul oleh Perlakuan B (31,54%), Perlakuan A (31,52%), dan yang terendah pada Perlakuan D (30,61%).

Meskipun Perlakuan D (9%) secara angka memiliki pertumbuhan mutlak paling besar (3,43 g), namun pertumbuhan nisbinya justru menunjukkan angka terendah. Fenomena ini terjadi karena bobot awal ikan pada perlakuan D lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sesuai dengan hukum pertumbuhan menurut Watanabe (2002), persentase pertumbuhan nisbi akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya ukuran atau bobot awal hewan uji, karena energi yang diserap lebih banyak dialokasikan untuk pemeliharaan fungsi tubuh (*maintenance*) daripada untuk penambahan jaringan baru.

Dari sisi nutrisi, capaian pertumbuhan nisbi yang stabil di angka  $>30\%$  pada semua perlakuan menunjukkan bahwa fermentasi spirulina mampu menyediakan asupan nutrisi yang konstan. Menurut Özyurt *et al.* (2023), proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* memecah dinding sel mikroalga yang kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana. Hal ini sangat krusial bagi ikan mas koki yang tidak memiliki lambung sejati, sehingga ketersediaan protein dan energi dalam bentuk yang mudah diserap (*bioavailable*) sangat menentukan efektivitas pertumbuhan nisbi pada fase benih.

### **Laju Pertumbuhan Harian (LPH)**

Laju Pertumbuhan Harian (LPH) menggambarkan persentase kenaikan bobot harian ikan selama masa studi. Berdasarkan Tabel 4.1, nilai LPH berkisar antara 0,87% hingga 0,90%. Menariknya, perlakuan A dan B menunjukkan nilai LPH yang sedikit lebih tinggi (0,90%) dibandingkan perlakuan D (0,87%). Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun perlakuan D memiliki pertumbuhan mutlak terbesar, namun jika dilihat dari rasio kecepatan tumbuh terhadap bobot awal, dosis rendah hingga menengah memberikan efisiensi metabolisme yang lebih stabil.

Penurunan nilai LPH pada dosis tinggi (9%) diduga berkaitan dengan tingkat palatabilitas atau kecepatan pengosongan lambung. Menurut Zhul *et al.* (2021), suplementasi mikroalga yang terlalu tinggi dalam pakan dapat mengubah aroma dan tekstur pakan yang berpotensi menurunkan respons makan ikan (*feeding response*). Selain itu, asupan protein yang sangat tinggi memerlukan energi metabolisme yang lebih besar untuk proses deaminasi, sehingga energi yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan somatik teralihkan untuk proses ekskresi sisa metabolisme protein.

### Efisiensi Pakan dan Konversi Pakan (FCR)

Nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) adalah indikator utama efisiensi penggunaan pakan dalam kegiatan budidaya. Semakin kecil nilai FCR, maka semakin efisien pakan tersebut diubah menjadi jaringan tubuh. Hasil penelitian menunjukkan tren penurunan nilai FCR yang sangat baik seiring peningkatan dosis, di mana perlakuan D memiliki nilai terendah yaitu 0,66, sementara kontrol (A) memiliki nilai tertinggi 0,76.

Efisiensi pakan yang sangat tinggi pada perlakuan D (9%) membuktikan efektivitas bioaugmentasi ragi. *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan dalam fermentasi memproduksi enzim ekstraseluler seperti amilase dan protease. Kehadiran sisa-sisa enzim ini di dalam pakan yang telah difermentasi membantu proses hidrolisis nutrisi di dalam saluran pencernaan ikan mas koki sebelum diserap. Hal ini didukung oleh pendapat Gatlin *et al.* (2023) yang menjelaskan bahwa bahan pakan yang telah melalui proses pradigesti (seperti fermentasi) akan meningkatkan nilai efisiensi pakan karena ikan mengeluarkan energi enzimatis yang lebih sedikit untuk memecah molekul pakan.

Secara keseluruhan, meskipun secara statistik pertumbuhan tidak berbeda signifikan, namun secara teknis budidaya, penggunaan tepung spirulina fermentasi hingga dosis 9% terbukti sangat efektif dalam menekan biaya pakan melalui perbaikan nilai FCR tanpa memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup ikan mas koki.

### Tingkat Kecerahan Warna

Kualitas estetika ikan mas koki (*Carassius auratus* L.) sangat bergantung pada deposisi pigmen karotenoid pada jaringan integumennya. Hasil pengamatan perubahan tingkat kecerahan warna selama 45 hari penelitian dengan menggunakan standar *Toca Colour Finder* (TCF) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kecerahan Warna Ikan Mas Koki Selama Penelitian

Ulangan	A	B	C	D
1	-3	0	-2	-3.33
2	-2.33	0.66	-4	-2
3	-0.33	0.66	0.33	1
Rataan	-1.88	0.44	-1.88	-1.44

Berdasarkan Tabel 1, fenomena yang sangat menarik ditemukan pada Perlakuan B (dosis 3% spirulina fermentasi), yang menjadi satu-satunya perlakuan dengan tren kenaikan kecerahan warna (+0,44). Sebaliknya, perlakuan kontrol (A) dan perlakuan dosis tinggi (C dan D) justru menunjukkan penurunan nilai kecerahan pada akhir masa pemeliharaan.

Keberhasilan Perlakuan B dalam meningkatkan warna berkaitan erat dengan efektivitas bioavailabilitas pigmen pasca-fermentasi. Özyurt *et al.* (2023) menjelaskan bahwa proses fermentasi mikroalga tidak hanya memecah dinding sel, tetapi juga melepaskan ikatan kompleks antara protein dan karotenoid (seperti beta-karoten dan fikosianin). Hal ini memungkinkan pigmen tersebut diserap lebih efisien oleh sel-sel kromatofor (khususnya eritrofor dan xantofor) di bawah sisik ikan mas koki.

Temuan ini diperkuat oleh pendapat Amin *et al.* (2019) yang menekankan bahwa suplementasi spirulina pada pakan secara efektif meningkatkan intensitas warna karena kandungan beta-karoten yang tinggi bertindak sebagai prekursor astaxanthin yang sangat krusial bagi pigmentasi ikan hias air tawar. Lebih lanjut, Andriansyah *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa pemberian spirulina mampu memberikan gradasi warna yang lebih tajam dan cerah pada ikan mas koki dibandingkan dengan pakan komersial standar, karena pigmen alami tersebut tersimpan secara optimal pada lapisan epidermis ikan.

Namun, penurunan nilai pada Perlakuan C (6%) dan D (9%) mengindikasikan adanya efek ambang batas (*threshold effect*) dalam penyerapan pigmen. Menurut Sivanantharatnam *et al.* (2022), ketersediaan pigmen yang berlebihan di dalam pakan tidak selalu berbanding lurus dengan intensitas warna integumen. Ketika reseptor protein pengangkut karotenoid dalam darah telah jenuh, sisa pigmen yang tidak terserap akan dieliminasi melalui sistem ekskresi atau justru mengalami oksidasi yang dapat menurunkan kecerahan. Hal ini juga didukung oleh Zhul *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa kelebihan asupan spirulina tanpa diimbangi dengan rasio lipid yang tepat dapat menghambat proses deposisi karotenoid, mengingat sifat pigmen ini yang larut dalam lemak (*fat-soluble*).

Selain itu, Khalil *et al.* (2023) menekankan bahwa hasil fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan komponen imunostimulan yang membantu kesehatan kulit ikan. Pada Perlakuan B, dosis 3% tampaknya merupakan rasio paling seimbang yang mampu merangsang metabolisme kromatofor secara optimal tanpa menimbulkan beban metabolik. Penurunan warna pada kontrol (A) mengonfirmasi bahwa tanpa asupan karotenoid tambahan, ikan mas koki akan mengalami degradasi warna seiring bertambahnya ukuran tubuh dan pengaruh lingkungan budidaya yang terkontrol.

Secara keseluruhan, pemanfaatan tepung spirulina fermentasi pada tingkat 3% terbukti paling efektif secara konsisten untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas visual ikan mas koki, menjadikannya strategi suplementasi pakan yang paling efisien dari sisi biaya dan hasil estetika.

### Analisis Lingkungan dan Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup (SR) selama penelitian mencapai 100% pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan spirulina fermentasi aman dan tidak bersifat toksik bagi ikan mas koki. Kualitas air juga terjaga dengan suhu rata-rata 27°C, pH 7,4, dan DO 5,8 mg/L, yang semuanya berada pada ambang batas layak untuk budidaya *Carassius auratus*.

### KESIMPULAN

Suplementasi tepung spirulina yang difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* memberikan kecenderungan positif terhadap performa pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan mas koki. Pertumbuhan tertinggi dicapai pada dosis 9%, namun untuk efektivitas estetika warna, dosis 3% merupakan dosis terbaik yang mampu meningkatkan kecerahan tubuh ikan. Disarankan bagi pembudidaya untuk menggunakan dosis antara 3% hingga 6% guna mendapatkan kombinasi pertumbuhan dan kualitas warna yang optimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amin F, Rahimi SAE, Mellisa S. 2019. Pengaruh penambahan spirulina pada pakan terhadap intensitas warna ikan platy mickey mouse (*Xiphophorus maculatus*). Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah 4 (3): 152–160.
- Andriansyah R, Nainggolan A, Rahmatia F. 2020. Analisis pemberian *Spirulina platensis* terhadap pertumbuhan dan warna ikan mas koki (*Carassius auratus*). Jurnal Ilmiah Satya Minabahari 5 (2): 102–111.
- Barus RS, Usman S, Nurmatias. 2014. Pengaruh konsentrasi tepung *Spirulina plantensis* pada pakan terhadap peningkatan warna ikan mas koki (*Carassius auratus*). Jurnal Aquacoastmarine 5 (2): 116-127.
- Gatlin DM, Brown PB. 2023. Principles of fish nutrition and feeding. Aquaculture Science 11(2): 45-68.
- Khalil HS, Mansour AT, El-Feky MMM. 2023. Growth performance, color enhancement, and immune response of goldfish (*Carassius auratus*) fed on fermented *Spirulina platensis*. Aquaculture International 31 (4): 2045-2061.
- Ozyurt G, Gokdogan S, Şimsek A. 2023. Effects of fermentation on the nutritional profile and bioactive compounds of *Spirulina platensis* for fish feed applications. Journal of Applied Phycology 35 (2): 889-902.
- Sivanantharatnam J, Maaz S, Arumugam N. 2022. Enhancement of ornamental fish color through natural carotenoids: A review. Journal of Aquaculture & Marine Biology 11(3): 120-128.
- Watanabe T. 2002. Fish nutrition and feed technology. Tokyo: Koseisha Koseikaku.
- Zhul S, Wang Y, Hu J. 2021. Effect of fermented *Spirulina platensis* on growth, digestive enzymes and antioxidant capacity of goldfish. Fish Physiology and Biochemistry 47 (3): 715-728.