

PENINGKATAN PIGMEN WARNA DAN PERTUMBUHAN IKAN KOI (*Cyprinus carpio*) MELALUI PENGKAYAAN SUMBER KAROTENOID TEPUNG SPIRULINA

Putri Nurhanida Rizky¹, Atika Marisa Halim^{1*}, Nasuki¹, M. Alfian Nur Rohman¹

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

*Email : atikamarisa@gmail.com

ABSTRACT

*Ornamental fish farming is one of the supporting sectors of the fishery community's economy. The increasing ornamental fish production in 2022 is more influenced by the increasing demand for native Indonesian ornamental fish in the world market. "KOI" is one of the iconic ornamental fish in Indonesia as the most widely produced ornamental fish in 2022. The existence of Spirulina as a natural source of carotenoids can replace the use of synthetic carotenoids, thereby saving production costs in aquaculture. This study was conducted to evaluate the effect of enriching carotenoid sources of Spirulina flour on color enhancement and growth of koi fish (*Cyprinus carpio*). 40 koi fish (*Cyprinus carpio*) were given different feed treatments. P0 was the control (the feed was not given additional *S. fusiformis* flour. Meanwhile, the P1, P2, and P3 groups were fed with the addition of *S. fusiformis* flour at different concentrations (1%, 3%, and 5%). Koi fish were reared for 30 days by observing the color brightness level which was measured once every 7 days using the Toca Color Finder (TCF). Survival rate was measure at the end of the study. The results showed the survival rate of koi fish was 100%, the highest growth rate was found in the addition of Spirulina flour with a dose of 3% of $1.15 \pm 0.31\%$. osis 1% (P1) was able to increase the color of koi fish significantly compared to control (P0) with a final score of 24. The use of 1% spirulina (P1) did not show a different color improvement compared to P2 (score 22) and P3 (score 21) although the increase in color was higher than all treatments.*

Keywords: *Cyprinus carpio*, Colour improvement, *Spirulina fusiformis*, SR

ABSTRAK

Budidaya ikan hias menjadi salah satu sektor penopang perekonomian masyarakat perikanan. Peningkatan produksi ikan hias pada tahun 2022 sedikit banyak dipengaruhi oleh semakin diminatnya ikan hias asli Indonesia di pasar dunia. Akan tetapi peningkatan ini masih belum menjadikan Indonesia sebagai penguasa pangsa pasar ikan hias di dunia. Ikan koi di Indonesia menduduki peringkat pertama sebagai ikan hias yang paling banyak di produksi pada tahun 2022. Keberadaan spirulina sebagai sumber karotenoid alami dapat menggantikan penggunaan karotenoid sintetik, sehingga lebih menghemat biaya produksi. penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efek dari pengkayaan sumber karotenoid tepung spirulina terhadap peningkatan warna dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus carpio*). 40 ekor ikan koi (*Cyprinus carpio*) diberi perlakuan pakan berbeda P0 adalah kontrol (pakan tidak diberikan tambahan tepung *S.fusiformis*. Sedangkan pada kelompok P1, P2, dan P3 diberikan pakan dengan penambahan tepung *S.fusiformis* pada konsenstrasi yang berbeda – beda (1%, 3%, dan 5%). Ikan koi dipelihara selama 30 hari dengan pengamatan tingkat kecerahan warna

yang diukur setiap 7 hari sekali menggunakan alat pengukur warna *Toca Color Finder* (TCF). Selain itu dilakukan pengamatan laju pertumbuhan spesifik, *feed conversion rate* dan *survival rate* di akhir penelitian. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kelulushidupan ikan koi sebesar 100%, laju pertumbuhan tertinggi didapatkan pada penambahan tepung spirulina dengan dosis 3% sebesar $1,15 \pm 0,31\%$. Dosis 1% (P1) mampu meningkatkan warna ikan koi secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (P0) dengan skor akhir 24. Penggunaan dosis spirulina 1% (P1) tidak menunjukkan hasil peningkatan warna yang berbeda dibandingkan dengan P2 (skor 22) dan P3 (skor 21) walaupun peningkatan warnanya lebih tinggi dari semua perlakuan.

Kata Kunci: *Cyprinus carpio*, Peningkatan Warna, *Spirulina fusiformis*, SR

PENDAHULUAN

Budidaya ikan hias menjadi salah satu sektor penopang perekonomian masyarakat perikanan. Data mencatat bahwa produksi ikan hias nasional terus mengalami peningkatan dari 0,47 milyar ekor pada tahun 2020 dan tumbuh mencapai 0,69 milyar ekor pada tahun 2022 (Ditjen KP, 2022). Peningkatan produksi ikan hias pada tahun 2022 sedikit banyak dipengaruhi oleh semakin diminatnya ikan hias asli Indonesia di pasar dunia. Akan tetapi peningkatan ini masih belum menjadikan Indonesia sebagai penguasa pangsa pasar ikan hias di dunia. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain; rendahnya penguasaan teknologi budidaya dan penanganan ikan hias yang baik, masih menggunakan sistem tradisional, *channeling* antara *supply* dengan *demand* belum tertata dengan baik, branding ikan hias Indonesia masih lemah, serta rendahnya koordinasi antar stakeholder ikan hias. Warna merupakan karakter penting yang menentukan nilai estetika, selera konsumen, serta meningkatkan harga jual suatu komoditas ikan hias (Kurnia *et al.*, 2019).

Saat ini, lebih dari 100 jenis keanekaragaman warna dan pola warna pada ikan koi (*Cyprinus carpio*) telah dikembangkan (Gomelsky *et al.*, 1996). Ikan koi di Indonesia menduduki peringkat pertama sebagai ikan hias yang paling banyak di produksi pada tahun 2022 (Ditjen KP, 2022). Hal ini dikarenakan tingginya peminat ikan koi baik nasional maupun internasional. Bentuk tubuh yang indah, ketajaman warna dan corak yang terdapat pada punggung ikan koi menjadikan ikan ini sebagai ikan hias dengan nilai ekonomis tinggi.

Pigmentasi pada tubuh ikan dipengaruhi oleh sel kromatofor. Sejatinnya, koi memiliki 4 sel kromatofor yakni melanofora penghasil melanin (hitam), eritrofor penghasil pteridine (merah), xantofor penghasil karotenoid (kuning), iridofor penghasil kristal guanin dan purin (berkilau) serta sel leukofor yang tidak menghasilkan pigmen sehingga memberi warna putih pada ikan (Anderson, 2000).

Karotenoid merupakan suatu senyawa/pigmen yang memberikan warna alami merah, kuning, dan oranye pada tanaman dan mikroorganisme (Li *et al.*, 2012). Manusia dan hewan lain tidak dapat mensintesis karotenoid dan hanya mendapatkannya melalui makanan (Gouveia *et al.*, 2003). Dari 800 jenis karotenoid, spirulina memiliki kandungan β -karoten, cryptoxanthin dan astaxanthin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan sumber alamnya. Astaxanthin pada spirulina sangat efektif digunakan untuk meningkatkan kecerahan warna ikan. Selain itu, astaxanthin juga mudah dimetabolisme oleh ikan koi (Gupta *et al.*, 2007). Keberadaan spirulina sebagai sumber karotenoid alami dapat menggantikan penggunaan karotenoid sintetik, sehingga lebih menghemat biaya produksi. Selain itu, spirulina juga sudah terbukti aman untuk dikonsumsi (Park *et al.*, 2018). Beberapa studi menunjukkan bahwa spirulina mampu meningkatkan pertumbuhan dan pigmentasi pada

ikan acei (*Pseudotropheus acei*) (Güroy *et al.*, 2012); ikan gurami kerdil (*Trichogaster lalius*) (Bakshi *et al.*, 2018); Ikan komet (*Carassius auratus*) (Margareta *et al.*, 2021) ikan guppy (Sing and Kumar, 2016), dan ikan koi (Swian *et al.*, 2014). Berdasarkan informasi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efek dari pengkayaan sumber karotenoid tepung spirulina terhadap peningkatan warna dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus carpio*).

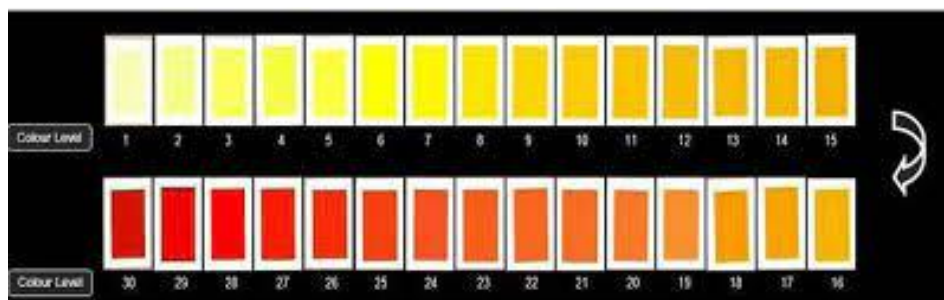
METODE

Pembuatan tepung *Spirulina fusiformis* dimulai dengan melakukan kultur starter spirulina pada media air payau dengan salinitas 12 – 15 ppt. Sebelumnya, dilakukan sterilisasi air media dengan chlorine 30 ppm dan dinetraslisasi dengan Natrium thiosulfate 10 – 15 ppm setelah 24 jam. Kultur spirulina pada penelitian ini juga dilengkapi dengan aplikasi pupuk kimia untuk menumbuhkembangkan sel seperti Urea (80 ppm), SP-36 (40 ppm), ZA (20 ppm), EDTA (5 ppm), FeCl₃ (1 ppm) dan Vit.B₁₂ (0,001 ppm). Pemberian pupuk dilakukan pada sebelum melakukan penebaran bibit spirulina pada media kultur. Selain itu, juga dilakukan pengadukan terhadap kultur dengan pemberian aerasi. Pemanenan dilakukan pada hari ke- 4 hingga hari ke-6 kultur dengan cara menyaring spirulina menggunakan kain satin. Hasil saringan berupa pasta/gel kemudian di bilas dengan air tawar sebanyak 2 – 3 kali dan dikeringkan. Sebanyak 100 gram pasta spirulina di tipiskan pada lembaran plastic didalam Loyang dan dikeringkan di dalam lemari pengeringan yang dilengkapi dengan 8 buah bohlam 40 watt dan exhaust fan selama <18 jam. Spirulina yang telah kering akan berubah menjadi lempengan, kemudian di blender untuk menghasilkan tepung. Tepung yang dihasilkan disimpan ke dalam botol kedap udara yang telah di lapiisi *aluminium foil*.

Sebanyak 40 ekor ikan koi (*Cyprinus carpio*) dengan panjang 10 – 15 cm dan berat 30 – 35 gram ditampung pada bak penampungan di balai pembenihan ikan koi Bekasi sebelum digunakan sebagai hewan uji. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh ukuran dan warna yang seragam sehingga mempermudah proses penelitian. Ikan tersebut kemudian di bagi ke dalam empat aquarium dengan ukuran 60x45x40 cm untuk proses aklimatisasi. Dari empat kelompok tersebut terbagi ke dalam; kelompok P0 sebagai variable kontrol (pakan tidak diberikan tambahan tepung *S. fusiformis*. Sedangkan pada kelompok P1, P2, dan P3 diberikan pakan dengan penambahan tepung *S. fusiformis* pada konsenstrasi yang berbeda – beda (1%, 3%, dan 5%).

Tepung spirulina yang telah ditimbang sesuai dengan dosis yang ditentukan, dilarutkan ke dalam 50 mL air dan di campurkan ke 100 gram pellet PF100. Setelah homogen, pellet kemudian di keringkan di bawah sinar matahari selama 30 – 60 menit sebelum pakan diberikan pada hewan uji. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari pada pagi hari dan sore hari dengan doses 3% dari berat tubuh ikan koi. Pengamatan dilakukan selama 30 hari masa pemeliharaan.

Perubahan yang diamati meliputi; tingkat kecerahan warna yang diukur setiap 7 hari sekali menggunakan alat pengukur warna *Toca Color Finder* (TCF) (Gambar 1) oleh tiga panelis yang tidak buta warna. Pengamatan terhadap perubahan warna pada ikan koi dilakukan dengan pemberian nilai atau pembobotan pada kertas pengukur warna. Penilaian dimulai dari terkecil 1,2,3 hingga skor terbesar 30 dengan gradasi warna dari orange muda hingga merah tua.



Gambar 1. Kertas pengukur warna/Toca Color Finder (TCF)

Pengamatan laju pertumbuhan spesifik, *feed convention rate* dan *survival rate* juga diukur pada penelitian ini. Data yang diperoleh selanjutnya di analisis menggunakan One Way ANNOVA dengan tingkat signifikansi 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju pertumbuhan dan survival rate

Hasil analisis ANOVA juga menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan terhadap semua parameter - parameter pengamatan. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Laju pertumbuhan berat dan panjang harian ikan koi selama 30 hari masa pemeliharaan

Parameter	Perlakuan			
	P0	P1	P2	P3
Bobot awal (g)	6,26 ± 0,32	6,19 ± 0,37	6,31 ± 0,37	6,31 ± 0,46
Bobot akhir (g)	7,09 ± 0,13	7,47 ± 0,28	8,9 ± 0,44	8,41 ± 0,35
Laju pertumbuhan harian (% hari)	0,41 ± 0,17	0,62 ± 0,22	1,15 ± 0,31	0,96 ± 0,35
Laju pertumbuhan Panjang harian (% hari)	0,6 ± 0,48	0,87 ± 0,8	0,8 ± 0,6	0,5 ± 0,8
Feed convention ratio	2,3	2,3	2,3	2,3
Survival rate (%)	100	100	100	100

Tidak ada ikan koi yang mati selama masa pemeliharaan berlangsung, dengan nilai survival rate 100%. Secara umum, pakan yang diberikan tambahan tepung spirulina dengan dosis yang berbeda menunjukkan hasil optimal untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan panjang pada ikan koi dibandingkan dengan penggunaan pakan komersil ($p > 0,05$). Pertumbuhan tertinggi didapatkan pada penambahan tepung spirulina dengan dosis 3% sebesar $1,15 \pm 0,31\%$, kemudian diikuti dengan dosis 5% sebesar $0,96 \pm 0,35\%$, dosis 1%

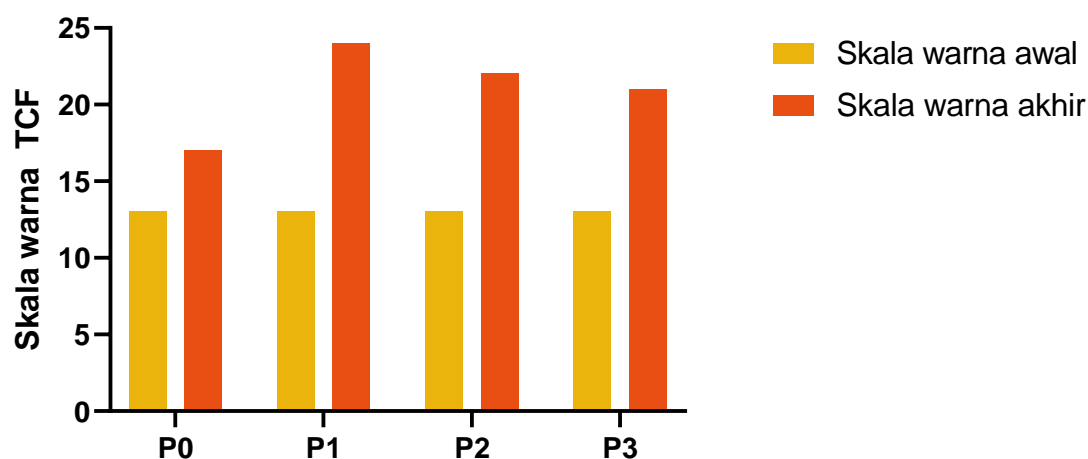
sebesar $0,62 \pm 0,22$ %, dan nilai pertumbuhan terendah terdapat pada kontrol sebesar $0,41 \pm 0,17$ %.

Tingginya pertumbuhan pada semua perlakuan menunjukkan bahwa ikan dapat mencerna pakan dengan baik dan nutrisi yang diserap lebih banyak. Spirulina kaya akan vitamin dan mineral serta mengandung seluruh kelompok vitamin B-kompleks. Protein yang dikandung oleh spirulina juga sangat tinggi (65%) dibandingkan dengan sumber makanan yang lain (Tokuşoglu, 2003). Brown *et al.* (1997) menyatakan bahwa dua gram spirulina menyediakan lebih dari 100% RDI vitamin A, ditambah kalsium, zat besi, fosfor, kalium, seng dan unsur mineral lainnya. Rendahnya hasil pertumbuhan pada kontrol, diduga karena pakan yang dikonsumsi ikan lebih banyak digunakan untuk metabolisme daripada yang diserap oleh tubuh. Penambahan tepung spirulina juga mampu meningkatkan laju pertumbuhan dan panjang pada tubuh ikan badut (*Amphiprionocellaris*) (Hadija *et al.*, 2020). Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa pemberian tepung *Spirulina platensis* mampu meningkatkan pertumbuhan berat mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, dan laju pertumbuhan panjang spesifik ikan badut pada dosis 3%.

Pertumbuhan pada individu adalah penambahan jaringan akibat adanya pembelahan sel secara mitosis. Proses ini dapat terjadi apabila terdapat kelebihan input energi dan asam amino (protein) yang berasal dari makanan (Effendie, 1997). Struktur spirulina yang merupakan mucopolysakarida yang terdiri dari protein dan gula kompleks tanpa adanya dinding sel, hal ini menjadikan spirulina mudah diserap dan digunakan oleh tubuh. Sehingga laju pertumbuhan dan panjang tubuh ikan koi dengan penambahan spirulina pada dosis yang berbeda lebih tinggi daripada kontrol.

Tingkat Kecerahan Warna

Hasil penelitian kecerahan warna ikan koi setelah 30 hari masa pemeliharaan menunjukkan adanya peningkatan warna termasuk kontrol. Peningkatan warna pada ikan koi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan warna pada ikan koi setelah 30 hari masa pemeliharaan

Grafik 2 menunjukkan bahwa semua pakan yang diberikan pada ikan koi mampu dimetabolisme dan disimpan oleh sel pigmen ikan koi. Kandungan karotenoid pada tubuh terus meningkat seiring pertumbuhan dan konsumsi pakan. Dari hasil penilaian menyatakan

bahwa pakan ikan komersil yang dicampur dengan spirulina dengan dosis 1% (P1) mampu meningkatkan warna ikan koi secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (P0) dengan skor akhir 24 apabila dilihat dari skala warna *Toca Colour Finder* pada Gambar 1.

Penggunaan dosis spirulina 1% (P1) tidak menunjukkan hasil peningkatan warna yang berbeda dibandingkan dengan P2 (skor 22) dan P3 (skor 21) walaupun peningkatan warnanya lebih tinggi dari semua perlakuan. Penambahan spirulina pada pakan, akan mempengaruhi penyerapan karotenoid dalam tubuh ikan. Tingginya penyerapan karotenoid pada P1 diduga karena karotenoid yang diberikan dari spirulina sebesar 1% hingga 5% sesuai dengan kebutuhan ikan. Tingginya penyerapan karotenoid pada P1, P2 dan P3 diduga karena karotenoid yang diberikan sesuai dengan kebutuhan ikan. Tepung spirulina memberikan pengaruh terhadap peningkatan intensitas warna pada ikan mas koki, dikarenakan spirulina mengandung karotenoid yang dapat meningkatkan intensitas warna pada ikan (Noviyanti *et al.*, 2015). Hal ini didukung oleh pendapat Hadijah *et al.*, (2020), perbedaan tingkat kecerahan warna pada ikan terjadi karena adanya perbedaan jumlah karotenoid yang terkandung di dalam pakan yang diberikan.

Hormon yang bertanggung jawab terhadap proses pigmentasi pada ikan antara lain *melanosite stimulating hormon* (MSH), *melanin concentrating hormone* (MCH), dan *melatonin* (MT). MSH diproduksi dibagian tengah lobus dari kelenjar hipofisis, dengan sel target sel kromatofor. Warna dasar kromatofor dibagi menjadi 5 kelompok sel yaitu *melanophore* (hitam/coklat), *xantophore* (kuning), *erythrophere* (merah), *leukophere* (putih) (Fujii, 2000).

Karotenoid yang terkandung pada spirulina mampu meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam pembentukan sel – sel pigmen *erythrophere*. Tingginya kadar protein pada *Spirulina* juga mampu meningkatkan aktivitas pembelahan sel sehingga menstimulasi produksi hormon MSH sehingga mampu meningkatkan pergerakan butiran pigmen kromatofor. Butiran pigmen kromatofor akan tersebar ke dalam sel yang menyebabkan sel tersebut dapat menyerap sinar dengan sempurna sehingga terjadi peningkatan warna pada sisik ikan (Hutabarat, 2019).

Penelitian mengenai penambahan sumber karotenoid terhadap pakan ikan juga telah dilakukan pada ikan badut (Apriliani *et al.*, 2021). Ikan badut (*Amphiprion percula*) yang diberi pakan dengan tambahan astaxanthin dengan dosis 3% mampu meningkatkan warna pada ikan badut. Penambahan sumber karotenoid yang berasal dari campuran wortel, tomat, dan akar buah beet juga mampu meningkatkan warna dan pertumbuhan ikan koi pada konsentrasi 1% (Maiti *et al.*, 2017). Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan tepung spirulina dengan dosis terendah (1%) dapat memberikan peningkatan warna pada ikan koi secara signifikan. Hal ini disebabkan pigmentasi pada ikan koi relatif belum stabil, karena akan terus berkembang seiring dengan pertumbuhan ikan. Selain faktor genetik, perubahan warna pada sisik ikan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti stress karena lingkungan, kurangnya sinar matahari, penyakit serta kekurangan pakan (Sugimoto, 2002). Utomo *et al* (2006) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa kebutuhan karotenoid pada ikan muda relatif lebih sedikit karena perubahan warna tubuhnya belum tetap.

PENUTUP

Penambahan karotenoid alami yang berasal dari tepung spirulina mampu memberikan pengaruh pada peningkatan warna, laju pertumbuhan, serta kelangsungan hidup pada ikan koi. Perlakuan P3 (tepung spirulina 3%) secara signifikan dapat meningkatkan laju pertumbuhan ikan koi. Akan tetapi, peningkatan warna yang tertinggi didapatkan pada

perlakuan P2 (tepung spirulina 1%). Hal ini diduga karena pada perlakuan P3, ikan koi lebih memanfaatkan karotenoid sebagai bahan untuk metabolisme pertumbuhannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, S. (2000). Salmon Color and the Consumer. *IIFET 2000 Proceedings*, 3. <http://osu.orst.edu/dept/IIFET/2000/papers/andersons.pdf>
- Apriliansi, S. I., Djunaedi, A., & Suryono, C. A. (2021). Manfaat astaxanthin pada pakan terhadap warna ikan badut *Amphiprion percula*, Lacepède, 1802 (Actinopterygii: Pomacentridae). *Journal of Marine Research*, 10(4), 551–559.
- Bakshi, S., Behera, S., Saha, S., Mandal, A., Das, A., Bhakta, D., Mondal, A., & Patra, P. (2018). Influence of spirulina powder at carotenoids concentration in fin of an ornamental fish *Trichogaster lalius*. *Journal of Entomology and Zoology Studies JEZS*, 6(61), 870–873. <http://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartL/5-6-356-963.pdf>
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., & Dunstan, G. A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151(1–4), 315–331. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01501-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01501-3)
- Fujii, R. (2000). The regulation of motile activity in fish chromatophores. *Pigment Cell Research*, 13(5), 300–319. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0749.2000.130502.x>
- Gupta, S. K., Jha, A. K., Pal, A. K., & Venkateshwarlu, G. (2007). Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. *Natural Product Radiance*, 6(1), 46–49.
- Güroy, B., Şahin, I., Mantoğlu, S., & Kayali, S. (2012). Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. *Aquaculture International*, 20(5), 869–878. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9512-x>
- Hadijah, Junaidi, M., & Lestari, D. P. (2020). Pemberian Tepung Spirulina Platensis Pada Pakanterhadap Kecerahan Warna Ikan Badut (*Amphiprionocellaris*). *Jurnal Perikanan Unram*, 10(1), 41–49. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i1.187>
- Kurnia, A., Nur, I., Muskita, W. H., Hamzah, M., Iba, W., Patadjai, R. S., Balubi, A. M., & Kalidupa, N. (2019). Improving skin coloration of koi carp (*Cyprinus carpio*) fed with red dragon fruit peel meal. *AAFL Bioflux*, 12(4), 1045–1053.
- Maiti, M. K., Bora, D., Ti, N., Sahoo, S., Bk, A., & Kumar, S. (2017). Effect of dietary natural carotenoid sources on colour enhancement of Koi carp, *Cyprinus carpio* L. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(4), 340–345. www.fisheriesjournal.com
- Margareta, A., Nikhlani, A., & Margareta, A. (2021). The Effectiveness Of Supplementation Of Spirulina Sp And Astaxanthin Within Feed To Color Quality Of Comet Fish (*Carassius Auratus*). 7, 1–6.
- Noviyanti, K., Tarsim, & Maharani, H. W. (2015). Pengaruh Penambahan Tepung Spirulina Pada Pakan Buatan Terhadap Intensitas Warna Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*). *E-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(2), 367–374.
- Park, W. S., Kim, H. J., Li, M., Lim, D. H., Kim, J., Kwak, S. S., Kang, C. M., Ferruzzi, M. G., & Ahn, M. J. (2018). Two classes of pigments, carotenoids and c-phycoyanin, in spirulina powder and their antioxidant activities. *Molecules*, 23(8), 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules23082065>
- Sugimoto, M. (2002). Morphological color changes in fish: Regulation of pigment cell

- density and morphology. *Microscopy Research and Technique*, 58(6), 496–503. <https://doi.org/10.1002/jemt.10168>
- Swian, H. S., Senapati, S. R., Meshram, S. J., Mishra, R., & Murthy, H. S. (2014). Effect of dietary supplementation of marigold oleoresin on growth, survival and total muscle carotenoid of Koi carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Applied and Natural Science*, 6(2), 430–435. <https://doi.org/10.31018/jans.v6i2.478>
- Tokuşoglu, O. and Ü. M. K. (2003). Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: *Journal of Food Science*, 68(4), 1144–1148.