

Pemanfaatan minyak biji krokot *Portulaca oleracea* sebagai sumber asam lemak esensial pada pakan ikan mas, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758

[Utilization of purslane *Portulaca oleracea* seed oil as a source of fatty acid essential of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758 diet]

Wiwik Hildayanti^{1,✉}, Mia Setiawati², Dedi Jusadi²

¹Program Studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

Jln. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga 16680

²Departemen Budidaya Perairan, FPIK-IPB

Jln. Agatis, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680

Diterima: 18 November 2015; Disetujui: 29 Maret 2016

Abstrak

Penelitian bertujuan mengkaji pemanfaatan minyak biji krokot *Portulaca oleracea* sebagai sumber asam lemak esensial pada pakan ikan mas *Cyprinus carpio* untuk menggantikan minyak ikan. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap, terdiri atas empat perlakuan dan tiga ulangan. Pakan perlakuan terdiri atas minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa (P0), minyak biji krokot, dan minyak kelapa (P1), minyak jagung dan minyak kelapa (P2), dan minyak kelapa (P3). Ikan mas dengan bobot $3,11 \pm 0,05$ g dipelihara dalam akuarium berukuran $50 \times 40 \times 35$ cm³ dengan padat tebar 10 ekor akuarium⁻¹ selama 60 hari. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan P1 menghasilkan nilai laju pertumbuhan harian ($3,5 \pm 0,1\%$), efisiensi pakan ($71,7 \pm 4,9\%$), retensi protein ($22,1 \pm 1,9\%$), dan retensi lemak ($81,4 \pm 4,5\%$) tertinggi dan memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$). Parameter tingkat kelangsungan hidup, indeks hepatosomatik, kolesterol, trigliserida, *high density lipoprotein*, dan *low density lipoprotein* tidak menunjukkan adanya perbedaan ($p > 0,05$). Komposisi asam lemak tubuh ikan mas pada perlakuan P1 yaitu total asam lemak jenuh sebesar 21,4%, asam lemak tak jenuh tunggal sebesar 36,9%, n-3 sebesar 10,4%, n-6 sebesar 16,1% dan rasio n-3/n-6 sebesar 0,6. Berdasarkan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa minyak biji krokot dapat menggantikan minyak ikan pada pakan ikan mas.

Kata penting: asam lemak, ikan mas, minyak biji krokot, 18:2n-6, 18:3n-3

Abstract

This study attempts to evaluate the use of oils of purslane *Portulaca oleracea* as a source of an essential fatty in feed of common carp *Cyprinus carpio* to replace fish oil. The experiment used completely randomized design with 4 treatments and 3 replications, respectively. Feed treatment consists of fish oil, corn oil and coconut oil (P0), purslane seed oil and coconut oil (P1), corn oil and coconut oil (P2), and coconut oil (P3). Fishes with initial body weight 3.11 ± 0.05 g reared in $50 \times 40 \times 35$ cm³ aquariums with a density of 10 fish aquarium⁻¹ during 60 days rearing periods. Results showed that diet P1 have different effects ($p < 0.05$) which had the highest daily growth rate ($3.5 \pm 0.1\%$), feed efficiency ($71.7 \pm 4.9\%$), protein retention ($22.1 \pm 1.9\%$) and lipid retention ($81.4 \pm 4.5\%$). The survival rate, hepatosomatic index, cholesterol, triglycerides, high density lipoprotein and low density lipoprotein showed no difference ($p > 0.05$). The fatty acid composition of the carps's body on diet P1 was total of saturated fatty acid 21,4%, monounsaturated fatty acid 36,9%, n-3 fatty acids 10,4%, n-6 fatty acids 16,1% and ratio n-3/n6 is 0,6. Thus, it can be concluded that purslane seed oil can replace fish oil in carp.

Keywords: fatty acids, common carp, purslane seed oil, 18:2n-6, 18:3n-3

Pendahuluan

Ikan mas *Cyprinus carpio* merupakan jenis ikan air tawar ketiga yang paling penting di dunia (FAO 2009, Ljubojević *et al.* 2015). Di Indonesia, permintaan pasar akan ikan mas terus meningkat dari 282.695 ton pada tahun 2010 menjadi 484.110 pada tahun 2014 (KKP 2015). Hal ini menunjukkan budi daya ikan mas mem-

punyai prospek yang tinggi untuk dikembangkan. Namun, kendala yang dihadapi oleh pembudidaya adalah biaya pakan yang tinggi yang tidak diikuti dengan harga jual ikan. Mahalnya biaya pakan dikarenakan bahan bakunya sebagian besar masih diambil dari luar, seperti tepung ikan, tepung udang, tepung kedelai, dan minyak ikan.

Minyak ikan merupakan sumber lemak dan asam lemak esensial pada pakan, terutama untuk jenis ikan karnivora (Ljubojević *et al.*

Penulis korespondensi
Surel: yanti.hilda90@gmail.com

2015). Menurut IFFO (2013), minyak ikan sebanyak 75% dari total pasokan global digunakan untuk kegiatan budi daya dan 87%-nya digunakan untuk pakan ikan air laut. Merino *et al.* (2012) mengatakan bahwa harga minyak ikan akan meningkat secara signifikan di masa depan dan adanya kekhawatiran kontaminasi minyak ikan dengan polutan organik (Bell *et al.* 2012). Permintaan minyak ikan yang terus meningkat juga menyebabkan stok ikan global ikut berkurang (Pauly *et al.* 2002).

Oleh karena itu, identifikasi sumber lemak alternatif lokal berkelanjutan untuk budi daya merupakan tantangan besar bagi peneliti saat ini. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa minyak nabati dapat menggantikan minyak ikan tanpa memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan (Kowalska *et al.* 2010). Akan tetapi penggantian minyak ikan dengan minyak nabati tersebut mempunyai kendala, karena minyak nabati kaya asam lemak n-6 *polyunsaturated fatty acids* (PUFA) sedangkan minyak ikan kaya asam lemak n-3 *highly unsaturated fatty acids* (HUFA) (Michaelsen *et al.* 2011). Menurut Thanuthong *et al.* (2011), penggantian minyak ikan dengan minyak nabati harus sedemikian rupa sehingga katabolisme asam *eicosa-pentaenoat* (20:5n-3) dan asam *docosahexaenoat* (22:6n-3) dapat diminimalkan dan kelebihan pengendapan asam *linoleat* (18:2n-6) dapat dihindari. Hal ini dikarenakan pengurangan asam lemak 20:5n-3 dan 22:6n-3 dalam otot ikan dapat memengaruhi retensi lemak pada jaringan adiposit, sifat fisikokimiawi selama penyimpanan dan pengolahan, serta memengaruhi kualitas akhir ikan (Hixson *et al.* 2014).

Salah satu minyak nabati lokal yang dapat dimanfaatkan untuk menggantikan minyak ikan adalah minyak biji krokot *Portulaca oleracea*. Minyak biji krokot dianggap potensial karena ti-

dak hanya kaya asam lemak 18:2n-6, tetapi juga kaya asam lemak *linolenat* (18:3n-3) yang dibutuhkan oleh ikan mas (Uddin *et al.* 2014). Menurut Liu *et al.* (2000), biji krokot mengandung asam lemak 18:3n-3 sebesar 43,7% dan 18:2n-6 sebesar 27,1%. Ikan air tawar, seperti ikan mas, memiliki kemampuan untuk mengubah asam lemak 18:2n-6 menjadi *arakidonat* (20:4n-6), serta asam lemak 8:3n-3 menjadi (20:5n-3) dan (22:6n-3), karena mengandung enzim *elongase*, $\Delta 5$ dan $\Delta 6$ *desaturase* (Morais *et al.* 2009) yang tidak dipunyai oleh kebanyakan ikan air laut.

Di Indonesia krokot tersebar di seluruh daerah dan banyak tumbuh di Bogor, Semarang, Blitar, dan Kalimantan Tengah (Irawan *et al.* 2003). Masa budi daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan minyak biji krokot sebagai sumber lemak pakan cukup singkat yaitu selama 70 hari (Liu *et al.* 2000). Selain itu, krokot dapat tumbuh sepanjang tahun mulai dari dataran rendah sampai 1800 m di atas permukaan laut, serta mampu menoleransi kondisi tanah yang tidak subur, padat, dan kering (Uddin *et al.* 2014), sehingga dapat diproduksi secara berkelanjutan dan massal. Pemanfaatan krokot di Indonesia belum dilakukan secara maksimal, yaitu krokot dijadikan sebagai tanaman hias, campuran masakan dan tanaman herbal, serta beberapa petani menganggap krokot sebagai tumbuhan gulma (Irawan *et al.* 2003). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji pemanfaatan minyak biji krokot sebagai sumber asam lemak esensial pada pakan ikan mas untuk menggantikan minyak ikan.

Bahan dan metode

Rancangan percobaan

Penelitian ini terdiri dari atas empat perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan yang dilakukan adalah penggunaan sumber asam lemak

esensial yang berbeda dalam pakan buatan, yaitu: Perlakuan P0 (kontrol): minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa; Perlakuan P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa; Perlakuan P2: minyak jagung dan minyak kelapa; dan Perlakuan P3: minyak kelapa.

Pembuatan minyak biji krokot

Biji krokot yang digunakan diperoleh dari Tanjung Pandan, Belitung. Biji krokot dijemur di bawah sinar matahari selama dua hari, kemudian biji tersebut dihaluskan. Minyak dari biji krokot diekstrak dengan pelarut *n-hexan* menggunakan metode *remaserasi* sederhana. Biji krokot dan pelarut dengan perbandingan 1:3 dimasukkan ke dalam wadah dan ditutup selama tiga hari sambil diaduk sesekali selama 15 menit setiap hari. Selanjutnya, rendaman disaring dengan kertas saring dan hasil saringan disisihkan. Biji krokot di-rendam kembali dengan perbandingan 1:3 selama dua hari, kemudian disaring. Hasil saringan pertama dan kedua digabung lalu diuapkan dengan *evaporator* untuk menguapkan pelarut pada suhu 50°C selama tujuh jam (Stroescu *et al.* 2013).

Pembuatan pakan uji

Pakan diformulasikan sesuai dengan kebutuhan dari benih ikan mas, yaitu protein sebesar 40% (Ogino & Saito 1970), karbohidrat sebesar 40% (Furuichi 1988), dan lemak sebesar

7% (Brett & Groves 1979) dengan kandungan asam lemak 18:3n-3 dan 18:2n-6 masing-masing sebesar 1% (Takeuchi *et al.* 2002). Adapun bahan baku pakan yang digunakan adalah tepung ikan, *dekstrin*, vitamin, mineral, *carboxymethyl cellulose* (CMC), minyak ikan, minyak biji krokot, minyak jagung, dan minyak kelapa. Tepung ikan terlebih dahulu diekstraksi dengan pelarut *n-hexan* dengan metode *remaserasi* sederhana untuk menghilangkan kandungan lemak.

Bahan baku pakan ditimbang sesuai dengan formulasi yang disajikan pada Tabel 1, kemudian dicampur dan ditambahkan air sebanyak 30% sampai membentuk adonan. Adonan pakan dicetak dengan mesin pencetak berdiameter 1-2 mm dan dipanaskan menggunakan *oven* pada suhu 35°C selama 24 jam. Hasil analisis proksimat pakan uji disajikan pada Tabel 2 dan analisis asam lemak pakan uji disajikan pada Tabel 3.

Hasil analisis asam lemak pakan menunjukkan pada semua perlakuan kandungan asam lemak 18:2n-6 sesuai dengan target, namun hanya perlakuan P1 kandungan asam lemak 18:3n-3 yang sesuai target. Hal tersebut disebabkan oleh sumber bahan baku asam lemak esensial yang digunakan. Kemudian, adanya kandungan asam lemak 20:5n-3 dan 22:6n-3 pada perlakuan P1, P2, dan P3 disebabkan lemak pada tepung ikan tidak habis terekstraksi.

Tabel 1. Formulasi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda

Komposisi	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda (%)			
	P0	P1	P2	P3
Tepung ikan	54,0	54,0	54,0	54,0
Dekstrin	33,0	33,0	33,0	33,0
Minyak ikan	3,5	0,0	0,0	0,0
Minyak biji krokot	0,0	4,9	0,0	0,0
Minyak jagung	1,8	0,0	3,1	0,0
Minyak kelapa	1,7	2,1	3,9	7,0
Vitamin dan mineral	3,0	3,0	3,0	3,0
<i>Carboxymethyl cellulose</i>	3,0	3,0	3,0	3,0
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0

Keterangan: P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa.

Tabel 2. Hasil analisis proksimat pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda (bobot kering)

Proksimat	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda			
	P0	P1	P2	P3
Protein (%)	42,4	41,0	43,7	44,0
Lemak (%)	6,7	7,2	7,8	6,6
Abu (%)	9,9	9,8	10,0	9,9
Serat kasar (%)	0,1	0,2	0,2	0,4
BETN (%)	41,0	41,6	38,3	39,1
GE (kkal GE kg ⁻¹)	4682,1	4688,1	4747,5	4690,3
C/P	10,8	11,2	10,6	10,4

Keterangan: BETN: bahan ekstrak tanpa nitrogen, GE = *Gross Energy* (Watanabe 1988), 1 g protein = 5,6 kkal GE, 1 g karbohidrat/BETN = 4,1 kkal GE, 1g lemak = 9,4 kkal GE, C/P: rasio energi protein, P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa.

Tabel 3. Hasil analisis asam lemak pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda

Asam lemak	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda (% area)			
	P0	P1	P2	P3
8:0	0,1	0,9	1,0	2,8
10:0	0,6	1,2	1,7	3,8
12:0	8,4	14,0	21,2	41,6
14:0	4,8	5,1	8,2	16,2
16:0	13,0	10,9	11,5	9,0
16:1	4,0	0,8	0,5	0,2
18:0	3,0	4,0	3,0	3,0
18:1n-9	14,6	14,3	10,7	6,3
18:2n-6	1,7	1,2	1,3	0,4
18:3n-3	0,3	1,1	0,3	0,1
20:0	0,2	0,6	0,2	0,1
20:1	5,2	1,5	6,3	0,3
20:2n-6	0,3	0,2	0,2	0,1
20:5n-3	3,1	0,5	0,2	0,4
22:0	0,2	0,4	0,1	0,0
22:1n-9	0,2	0,1	0,1	0,1
22:6n-3	3,0	1,0	0,2	1,1
24:0	0,1	0,3	0,1	0,1
ΣAsam lemak jenuh	30,4	37,4	47,0	76,6
ΣAsam lemak tak jenuh tunggal	24,0	16,9	17,8	6,9
Σn-3	6,4	2,6	0,7	1,6
Σn-6	2,0	1,4	1,5	0,5
Σ n-3/n-6	3,2	1,8	0,5	3,2

Keterangan: P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa.

Pemeliharaan ikan

Ikan uji yang digunakan adalah ikan mas *C. carpio* dengan bobot awal rata-rata $3,11 \pm 0,05$ g sebanyak 135 ekor. Ikan dipelihara di akuarium berukuran $50 \times 40 \times 35$ cm³ sebanyak 12 unit, yang dilengkapi dengan *top filter*, *thermostat* dan aerasi. Adaptasi dilakukan selama tujuh hari sebelum penebaran. Ikan sebanyak 15 ekor dibius kemudian disimpan ke dalam *freezer* untuk keperluan analisis proksimat dan asam lemak ikan awal. Padat penebaran yang digunakan adalah 10 ekor akuarium⁻¹ dan diberi pakan secara *at satia-*

tion dengan frekuensi tiga kali sehari. Ikan dipelihara selama 60 hari dan penimbangan bobot ikan dilakukan pada hari ke-0, ke-30, dan ke-60.

Penyiponan dilakukan setiap hari dan air diganti sebanyak 25% setiap lima hari sekali untuk menjaga kualitas air. Metode yang digunakan untuk pengukuran oksigen terlarut dan pH yaitu dengan cara pembacaan skala di Laboratorium Lingkungan, IPB, sedangkan suhu diukur secara *in situ* dengan menggunakan termometer. Total amonium nitrogen (TAN) diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 630

nm. Kondisi air selama pemeliharaan, yaitu suhu 28-30°C, oksigen terlarut 7,7-10,6 mg L⁻¹, pH 5,4-6,4, dan total ammonium nitrogen (TAN) 0,7-1,4 mg L⁻¹ CaCO₃.

Pada akhir pemeliharaan, ikan dipuasakan selama satu hari kemudian dilakukan penimbangan bobot ikan pada setiap perlakuan. Ikan sebanyak tiga ekor diambil dari setiap akuarium untuk uji kadar kolesterol, trigliserida, HDL (*High Density Lipoprotein*), dan LDL (*Low Density Lipoprotein*). Kemudian diambil kembali sebanyak tiga ekor dari setiap akuarium untuk analisis proksimat tubuh dan lima ekor dari setiap perlakuan untuk analisis asam lemak tubuh ikan.

Analisis kimia

Pengukuran kadar air pakan dan tubuh ikan dilakukan dengan metode pemanasan di dalam oven bersuhu 105-110°C selama dua jam, metode yang sama untuk kadar abu pada suhu 600°C. Metode yang digunakan untuk protein kasar adalah metode *Kjeldahl*, lemak kering dengan metode *Soxhlet*, lemak basah dengan metode *Folch* dan serat kasar menggunakan metode pelarutan sampel dengan asam kuat, basa kuat dan pemanasan (Watanabe 1988).

Analisis asam lemak pakan dan tubuh ikan ditentukan dengan gas *kromatografi*. Volume injeksi yang digunakan sebesar 1 µL dengan rasio split 1:50. Laju alir hidrogen sebesar 40 mL menit⁻¹, laju alir udara 400 mL menit⁻¹, dan laju alir nitrogen sebesar 30 mL menit⁻¹. Suhu kolom *initial* 125 °C, suhu kolom *final* 230°C, suhu *injector* 250°C, dan suhu *detector* 280°C. Asam lemak diinjeksi ke dalam kolom dan diidentifikasi dengan membandingkan waktu retensi dengan *methyl esters* standar (FAME 37 MIX).

Analisis kadar kolesterol, trigliserida, dan HDL darah ikan mas menggunakan alat spektrofotometer dengan merek HITACHI 4-2001.

Panjang gelombang yang digunakan adalah 500 nm, Hg 546 nm, jalur optiknya 1 cm, dan temperatur yang digunakan yaitu 25°C atau 37°C. Analisis kolesterol darah ikan menggunakan metode CHOD-PAP. Kolesterol ditentukan setelah hidrolisis enzimatis dan oksidasi. Indikator *quinoneirnine* terbentuk dari hidrogen peroksida dan 4-aminophenazone dengan adanya fenol dan peroksida. Analisis trigliserida menggunakan metode GPO-PAP. Trigliserida ditentukan setelah hidrolisis enzimatis dengan lipase. Indikator *quinoneimine* terbentuk dari hidrogen peroksida, 4-amio-antipyrine, dan 4-klorofenol dengan bantuan enzim peroksida.

Parameter penelitian

Parameter penelitian yang diukur adalah bobot ikan, jumlah konsumsi pakan, laju pertumbuhan harian, efisiensi pakan, retensi protein, retensi lemak, tingkat kelangsungan hidup, proksimat tubuh ikan, kolesterol, trigliserida, HDL, LDL, dan analisis tubuh ikan uji. Berikut ini adalah rumus dari parameter penelitian.

- Jumlah konsumsi pakan ditentukan dengan cara jumlah pakan yang dimakan dibagi dengan jumlah ikan yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F1 = \frac{F}{N}$$

Keterangan: F1= Jumlah pakan yang dikonsumsi selama pemeliharaan (g ekor⁻¹); F= Jumlah pakan (g); N= jumlah populasi.

- Laju pertumbuhan harian ikan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$LPH = \left[\sqrt{\frac{Wt}{Wo}} - 1 \right] \times 100$$

Keterangan: LPH= laju pertumbuhan harian (%), Wt= bobot rata-rata ikan pada akhir pemeliharaan (g); Wo= bobot rata-rata ikan pada awal pemeliharaan (g); t= periode pengamatan.

- Efisiensi pakan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$EP = \left[\frac{[(Wt + Wd) - Wo]}{F} \right] \times 100$$

Keterangan: EP= efisiensi pakan (%); Wt= biomassa ikan pada akhir pemeliharaan (g); Wo= biomassa ikan pada awal pemeliharaan (g); Wd= biomassa ikan yang mati selama pemeliharaan (g); F= jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan (g)

- Retensi protein dihitung melalui analisis proksimat protein tubuh ikan uji pada awal dan akhir penelitian. Rumus perhitungan retensi protein adalah sebagai berikut:

$$RP = \left[\frac{Pt - Po}{Pp} \right] \times 100$$

Keterangan: RP= retensi protein (%); Pt= jumlah protein tubuh ikan pada akhir pemeliharaan (g); Po= jumlah protein tubuh ikan pada awal pemeliharaan (g); Pp= jumlah protein pakan yang dikonsumsi ikan (g)

- Retensi lemak dihitung melalui analisis proksimat lemak tubuh ikan uji pada awal dan akhir penelitian. Rumus perhitungan retensi lemak adalah sebagai berikut:

$$RL = \left[\frac{Lt - Lo}{Ll} \right] \times 100$$

Keterangan: RL= retensi lemak (%); Lt= jumlah lemak tubuh ikan pada akhir pemeliharaan (g); Lo= jumlah lemak tubuh ikan pada awal pemeliharaan (g); Ll= jumlah lemak pakan yang dikonsumsi ikan (g).

- Kelangsungan hidup ikan uji dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kelangsungan hidup} = \left[\frac{Nt}{N0} \right] \times 100$$

Keterangan: TKH= tingkat kelangsungan hidup (%); Nt= jumlah ikan pada akhir pemeliharaan; N0= jumlah ikan pada awal pemeliharaan

- Analisis indeks hepatosomatik (IHS) dilakukan pada akhir pemeliharaan. Pengukuran dilakukan dalam keadaan bobot basah. Rumus yang digunakan untuk menghitung IHS sebagai berikut:

$$IHS = \left[\frac{\text{Bobot organ hati (g)}}{\text{Bobot tubuh ikan uji (g)}} \right] \times 100$$

- Pengukuran kolesterol dilakukan menggunakan metode CHOD-PAP dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{As \times [sk]}{Ask}$$

Keterangan: K= kolesterol (mg dL⁻¹); As= absorbansi sampel; [sk]= konsentrasi standar kolesterol; Ask= absorbansi standar kolesterol

- Pengukuran trigliserida dilakukan menggunakan metode GPO-PAP dengan rumus sebagai berikut:

$$TG = \frac{As \times [st]}{Ast}$$

Keterangan: TG= trigliserida (mg dL⁻¹); As= absorbansi sampel; [st]= konsentrasi standar trigliserida; Ask= absorbansi standar trigliserida

- Pengukuran *high density lipoprotein* (HDL) dilakukan menggunakan metode CHOD-PAP dengan rumus sebagai berikut:

$$HDL = \frac{As \times [s \text{ HDL}]}{As \text{ HDL}}$$

Keterangan: HDL= *high density lipoprotein* (mg dL⁻¹); As= absorbansi sampel; [s HDL]= konsentrasi standar HDL; As HDL= absorbansi standar HDL

- Pengukuran *low density lipoprotein* (LDL) dilakukan menggunakan metode CHOD-PAP dengan rumus sebagai berikut:

$$LDL \left(\frac{\text{mg}}{\text{dl}} \right) = K - \left(HDL + \frac{TG}{5} \right)$$

Analisis data

Data yang diperoleh diolah menggunakan piranti lunak MS Excel 2007 dan dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95% menggunakan piranti lunak SPSS 17. Apabila hasil menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan maka dilakukan uji Duncan.

Hasil

Pada Tabel 4 disajikan hasil kinerja pertumbuhan ikan mas yang diberi pakan dengan sumber lemak esensial berbeda selama 60 hari pemeliharaan. Hasil menunjukkan pada akhir pemeliharaan perlakuan P1 memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap bobot individu, laju pertumbuhan harian, efisiensi pakan, retensi protein tubuh, dan retensi lemak tubuh ikan mas.

Tabel 5 memperlihatkan bahwa pada tubuh ikan mengalami peningkatan kadar protein dan lemak pada hari ke-60. Penggunaan sumber asam lemak esensial berbeda tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar protein tubuh ikan mas.

Hasil pengukuran indeks hepatosomatik dan biokimia darah terdiri atas kadar kolesterol,

trigliserida, HDL, dan LDL disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa pemberian pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap indeks hepatosomatik dan biokimia darah ikan mas.

Pada Tabel 7 disajikan hasil analisis asam lemak tubuh ikan mas pada awal dan hari ke-60 pemeliharaan yang diberi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda. Hasil menunjukkan bahwa pada hari ke-60 terjadi peningkatan jumlah asam lemak jenuh, asam lemak tak jenuh tunggal, dan asam lemak n-3 pada pakan kontrol dan perlakuan P1. Pada perlakuan P2 dan P3 cenderung menurun. Penurunan asam lemak n-6 tubuh ikan mas terjadi pada semua perlakuan di hari ke-60.

Tabel 4. Kinerja pertumbuhan ikan mas yang diberi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda selama 60 hari pemeliharaan

Parameter	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda			
	P0	P1	P2	P3
Bobot hari ke-0 (g)	3,1±0 ^a	3,1±0 ^a	3,1±0,1 ^a	3,1±0 ^a
Bobot hari ke-30 (g)	9,5±0,3 ^a	11,7±1,3 ^b	9,2±0,7 ^a	8,9±0,2 ^a
Bobot hari ke-60 (g)	18,9±1,4 ^a	23,6±1,6 ^b	18,5±2,3 ^a	16,3±1,1 ^a
Jumlah konsumsi pakan (g ekor ⁻¹)	28,6±0,3 ^{ab}	28,6±0,3 ^{ab}	29±0,1 ^b	28,2±0,3 ^a
Laju pertumbuhan harian (%)	3,0±0,1 ^a	3,5±0,1 ^b	3,0±0,2 ^a	2,8±0,2 ^a
Efisiensi pakan (%)	55,2±4,5 ^a	71,7±4,9 ^b	53,1±8,0 ^a	46,5±3,6 ^a
Retensi protein (%)	16,2±1,6 ^a	22,1±1,9 ^b	14,8±2,4 ^a	12,6±1,2 ^a
Retensi lemak (%)	69,2±8,4 ^{ab}	81,4±4,5 ^b	58,8±9,2 ^a	60,9±4,0 ^a
Tingkat kelangsungan hidup (%)	100,0±0,0 ^a	100,0±0,0 ^a	100,0±0,0 ^a	100,0±0,0 ^a

Keterangan: P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji kroket dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa. Huruf tika atas di belakang nilai simpangan baku yang berbeda pada setiap baris menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Tabel 5. Kadar protein dan lemak tubuh ikan mas yang diberi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda selama 60 hari pemeliharaan (bobot kering)

Parameter	Awal	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda (%)			
		P0	P1	P2	P3
Protein	43,9	47,9±0,7 ^a	47,0±2,2 ^a	45,5±0,9 ^a	47,3±2,3 ^a
Lemak	22,0	31,1±2,0 ^{ab}	29,7±0,6 ^a	30,9±0,5 ^{ab}	32,5±1,2 ^b

Keterangan: Kadar air awal: 75,7% dan akhir perlakuan P0: 74,6%, P1: 73,7%, P2: 73,8%, P3: 75,4%. P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji kroket dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa. Huruf tika atas di belakang nilai simpangan baku yang berbeda pada setiap baris menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Tabel 6. Parameter indeks hepatosomatik dan biokimia darah ikan mas yang diberi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda selama 60 hari pemeliharaan

Parameter	Awal	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda (mg dL ⁻¹)			
		P0	P1	P2	P3
IHS	-	1,0±0,2 ^a	1,2±0,3 ^a	1,1±0,2 ^a	1,4±0,2 ^a
Kolesterol	94,7	127,9±1,1 ^a	131,0±15,0 ^a	129,3± 25,7 ^a	116,0±4,5 ^a
Trigliserida	206,3	235,2±35,7 ^a	199,5±39,4 ^a	195,6±38,2 ^a	200,8±20,0 ^a
HDL	82,3	108,5±5,2 ^a	111,0±8,7 ^a	108,0±19,0 ^a	102,9± 6,6 ^a
LDL	ttd	ttd	ttd	Ttd	ttd

Keterangan: IHS: indeks hepatosomatik, ttd: tidak terdeteksi, P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa. Huruf tika atas di belakang nilai simpangan baku yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$).

Tabel 7. Hasil analisis asam lemak tubuh ikan mas yang diberi pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda

Asam lemak	Perlakuan sumber asam lemak esensial berbeda (% area)				
	Awal	P0	P1	P2	P3
12:0	0,2	3,1	4,4	8,1	10,4
14:0	1,0	2,7	3,1	4,8	5,9
14:1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
15:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
16:0	14,5	11,7	11,0	12,1	13,1
16:1	2,5	3,3	2,7	2,8	3,1
17:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
17:1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0
18:0	2,8	2,5	2,5	2,2	2,3
18:1n-9	32,0	32,0	28,5	30,4	28,9
18:2n-6	19,3	15,1	15,0	11,3	7,2
18:3n-3	2,3	2,7	6,7	1,8	0,0
20:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
20:1	1,9	2,2	5,3	1,4	1,5
20:2n-6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2
20:4n-6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,0
20:5n-3	0,4	1,1	0,8	0,2	0,5
22:1n-9	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
22:5n-3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,0
22:6n-3	1,5	3,0	2,6	1,3	2
ΣAsam lemak jenuh	18,9	20,5	21,4	27,8	32,2
ΣAsam lemak tak jenuh tunggal	36,6	37,8	36,9	34,8	33,9
Σn-3	4,4	7,2	10,4	3,5	2,5
Σn-6	20,4	16,0	16,1	12,2	7,4
Σ n-3/n-6	0,2	0,5	0,6	0,3	0,3
Σn-6/Σn-3	4,6	2,2	1,5	3,5	3,0

Keterangan: P0: minyak ikan, minyak jagung, dan minyak kelapa, P1: minyak biji krokot dan minyak kelapa, P2: minyak jagung dan minyak kelapa, P3: minyak kelapa.

Pembahasan

Ikan mas tidak mempunyai kemampuan untuk menyintesis asam lemak PUFA maupun HUFA di dalam tubuhnya, sehingga harus dibe-

rikan melalui pakan. Asam lemak esensial tersebut adalah bagian dari lemak yang merupakan komponen penting yang dapat memengaruhi pertumbuhan ikan. Pada Tabel 4 terlihat bahwa per-

lakukan yang menggunakan minyak biji krokot menghasilkan bobot individu rata-rata tertinggi pada akhir pemeliharaan yaitu sebesar $23,6 \pm 1,6$ g dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak ikan.

Hasil tersebut sama dengan yang dihasilkan oleh penelitian Schultz *et al.* (2015), ikan mas yang diberi pakan dengan sumber minyak nabati yaitu minyak biji rami selama 210 hari juga memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak ikan. Bobot akhir yang dihasilkan pada pakan yang menggunakan minyak biji rami sebesar $565,0 \pm 149,5$ g, sedangkan yang menggunakan minyak ikan sebesar $281,3 \pm 72,0$ g. Namun, pada penelitian yang dilakukan oleh Ljubojević *et al.* (2015), penggunaan minyak kanola pada pakan ikan mas selama 75 hari tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak ikan. Begitu pula pada penelitian Mráz *et al.* (2012), penggunaan minyak zaitun pada pakan ikan mas selama 100 hari tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak ikan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yilmaz & Genc (2006), pakan yang menggunakan sumber lemak berupa minyak ikan pada pakan ikan mas menghasilkan bobot tertinggi setelah dipelihara selama 60 hari sebesar $32,46 \pm 0,88$ g dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak kedelai. Penggunaan minyak ikan pada pakan ikan mas juga menghasilkan bobot tertinggi pada penelitian yang dilakukan oleh Aprodu *et al.* (2012) dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap perlakuan yang menggunakan minyak zaitun serta minyak kedelai.

Pakan yang menggunakan minyak biji krokot menghasilkan bobot tertinggi diduga karena kandungan asam lemak esensialnya sesuai dengan kebutuhan ikan mas yaitu asam lemak 18:3n-3 dan 18:2n-6 masing-masing sebesar 1%. Menurut Steffens & Wirth (2007), kandungan asam lemak esensial pakan yang sesuai dengan kebutuhan ikan dapat meningkatkan sifat cair membran sel sehingga memberikan sifat lentur pada membran yang memudahkan masuknya nutrisi dari luar membran ke dalam membran serta mengaktifkan kerja enzim (Na^+/K^+) ATPase pada membran.

Kelancaran perpindahan nutrisi dari luar ke dalam membran sel tersebut dapat menunjang proses metabolisme secara keseluruhan, diantaranya yaitu menunjang perubahan asam lemak menjadi energi, menunjang sintesis lemak yang digambarkan dari nilai retensi lemak, dan sintesis protein yang digambarkan dari nilai retensi protein. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh, ikan yang diberi pakan perlakuan P1 menghasilkan retensi lemak dan retensi protein tertinggi serta memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Semakin banyak retensi protein yang terbentuk di dalam tubuh maka semakin besar nilai perubahan bobot ikan yang digambarkan dengan nilai laju pertumbuhan harian, yaitu perlakuan P1 menghasilkan laju pertumbuhan harian tertinggi sebesar $3,5 \pm 0,1\%$ dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Laju pertumbuhan harian tersebut sejalan dengan nilai efisiensi pakan, yaitu perlakuan P1 menghasilkan nilai tertinggi sebesar $71,7 \pm 4,9\%$ dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$).

Ikan yang diberi pakan dengan sumber lemak berupa minyak ikan pada pakan P0 menghasilkan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan perlakuan yang menggunakan

minyak biji krokot. Hal ini terjadi diduga karena tingginya rasio n-3/n-6 pada pakan P0 yaitu sebesar 3,2, sedangkan rasio pada perlakuan P1 sebesar 1,8. Menurut Steffens & Wirth (2005), rasio asam lemak n-3/n-6 pada pakan yang dapat diberikan pada ikan mas berkisar antara 0,08-2,4. Kekurangan dan kelebihan asam lemak esensial sebanyak empat kali lipat dari kebutuhan ikan di dalam pakan dapat memperlambat pertumbuhan, menurunkan efisiensi pakan dan meningkatkan mortalitas (Arts & Kohler 2009). Namun pada penelitian ini pemberian pakan dengan sumber asam lemak esensial berbeda tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p>0,05$) terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan.

Pengukuran kolesterol darah pada penelitian dilakukan karena ikan memiliki kemampuan sendiri untuk menyintesis kolesterol yang dibutuhkan di dalam tubuhnya. Masuknya kolesterol yang berlebihan dapat meningkatkan kadar kolesterol di dalam darah dan memberikan beban yang terlalu berat sehingga dapat merusak arteri. Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar kolesterol pada semua perlakuan berada pada batas normal yaitu <200 mg dL⁻¹ (Akoh & Min 2008) dan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p>0,05$). LDL adalah pembawa kolesterol utama dalam darah. Jika sel-sel sudah cukup kolesterol, maka LDL diblok masuk ke dalam sel jaringan dan kolesterol tersebut diakumulasi dalam darah membentuk plak arteri (*atherosclerosis*). Pada Tabel 6 terlihat bahwa pada semua perlakuan LDL tidak terdeteksi. Hal tersebut dikarenakan tingginya kadar HDL di dalam darah yang dapat mencegah terjadinya penimbunan LDL pada dinding pembuluh darah. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Akoh & Min (2008) yang menyatakan bahwa HDL merupa-

kan kolesterol baik, karena HDL tersebut mencari-cari sisa kelebihan kolesterol di dalam darah dan menurunkan kemungkinan pembentukan plak arteri.

Ikan mas memiliki kemampuan mengubah asam lemak 18:3n-3 menjadi 20:5n-3 dan 22:6n-3 karena di dalam tubuhnya terkandung enzim *elongase*, $\Delta 5$ dan $\Delta 6$ *desaturase* (Mráz 2011). Kemampuan tersebut dapat dilihat dari hasil analisis asam lemak pakan pada Tabel 3 dan tubuh ikan mas pada Tabel 7. Pada perlakuan P1 terjadi perpanjangan asam lemak dari 18:3n-3 menjadi 20:5n-3 dan 22:6n-3 yaitu sebesar 0,8% dan 2,6% dan hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 dan P3. Akan tetapi kandungan asam lemak 20:5n-3 dan 22:6n-3 pada perlakuan P0 lebih tinggi dibandingkan perlakuan P1 yaitu sebesar 1,1% dan 3,0%. Menurut Böhm *et al.* (2014), hal tersebut terjadi disebabkan dalam jangka waktu yang pendek minyak ikan mampu menghasilkan konsentrasi 20:5n-3 dan 22:6n-3 lebih cepat secara signifikan daripada minyak nabati. Codabaccus *et al.* (2012) juga menyatakan bahwa pakan dengan sumber asam lemak yang berasal dari minyak nabati kandungan asam lemak jenuhnya lebih tinggi yang memudahkan terjadinya pencernaan dan preferensial substrat untuk β -oksidasi sehingga dalam jangka waktu yang pendek mengurangi oksidasi rantai panjang tak jenuh.

Selain dapat mengubah asam lemak 18:3n-3, ikan mas juga mampu mengubah asam lemak 18:2n-6 menjadi 20:4n-6. Pada pakan P0 dan perlakuan P3 kandungan asam lemak 20:4n-6 lebih rendah dibandingkan asam lemak 20:5n-3. Hal ini dapat terjadi karena asam lemak 18:2n-6 dan 18:3n-3 merupakan substrat yang sama untuk enzim $\Delta 6$ *desaturase*, dan enzim tersebut memiliki afinitas yang lebih tinggi untuk asam lemak 18:3n-3 dibandingkan 18:2n-6

(Glencross 2009). Oleh karena itu asam lemak 18:3n-3 menghambat biosintesis asam lemak 18:2n-6 untuk diubah menjadi 20:4n-6, meskipun kandungan asam lemak 18:2n-6 di dalam pakan lebih banyak dan sesuai dengan kebutuhan ikan mas. Secara umum profil asam lemak pada penelitian ini sama dengan penelitian Stancheva & Merdzhanova (2011), Zivic *et al.* (2014), dan Schultz *et al.* (2015), yang ditandai dengan tingginya kandungan asam lemak n-6 dibandingkan n-3 yang merupakan ciri utama ikan mas. Pada perlakuan P1 rasio n-3/n-6 adalah 0,6, sedangkan pakan P0, P2, dan P3 berturut-turut adalah 0,5; 0,3; dan 0,3. Menurut Stancheva & Merdzhanova (2011) rasio n-3/n-6 pada ikan air tawar adalah 0,5-5,6 dan pada ikan air laut adalah 4,7-14,4 yang merupakan indikator untuk membandingkan nilai gizi relatif ikan yang berbeda spesies. Hasil pada penelitian ini rasio n-6/n-3 di akhir pemeliharaan pada semua perlakuan berada di bawah 4,0 yang sesuai dengan rekomendasi Simopoulos (2008) untuk nutrisi manusia.

Simpulan

Minyak biji krokot dapat dimanfaatkan sebagai sumber asam lemak esensial alternatif pada pakan ikan mas *C. carpio* untuk menggantikan minyak ikan.

Daftar pustaka

- Akoh CC, Min DB. 2008. *Food lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. CRC Press, USA. 914 p.
- Aprodu I, Vasile A, Gurau G, Ionescu A, Palteanea E. 2012. Evaluation of nutritional quality of the common carp (*Cyprinus carpio*) enriched in fatty acids. *Food Technology* 36(1): 61-73.
- Arts MT, Kohler CC. 2009. Health and condition in fish: the influence of lipids on membrane competency and immune response. In: Arts MT, Brett MT, Kainz MJ, (ed). *Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer, New York. pp. 237-256.
- Bell JG, Dick JR, Strachan F, Guy DR, Berntssen MH, Sprague M. 2012. Complete replacement of fish oil with a blend of vegetable oils affects dioxin, dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in 3 Atlantic salmon (*Salmo salar*) families differing in flesh adiposity. *Aquaculture* 324(18): 118-126.
- Böhm M, Schultz S, Koussoroplis AM, Kainz MJ. 2014. Tissue-specific fatty acids response to different diets in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Plos One* 9(4): 1-4.
- Brett JR, Groves TDD. 1979. Physiological energetics. In: Hoar WR, Randall DJ, Brett JR (ed). *Fish Physiology vol 8: Bioenergetic and Growth*. Academic Press, New York. pp. 279-352.
- Codabaccus M, Bridle A, Nichols P, Carter C. 2012. Restoration of fillet n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid is improved by a modified fish oil finishing diet strategy for Atlantic salmon *Salmo Salar* L. smolts fed palm fatty acid distillate. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 60(1): 458-466.
- FAO. 2009. The state of world fisheries and aquaculture 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 196 p.
- Furuichi M. 1988. Dietary activity of carbohydrates. In: Watanabe T. (Ed). *Fish Nutrition and Mariculture*. Departement of Aquatic Biosciences Tokyo University of Fisheries, Tokyo. pp. 1-77.
- Glencross BD. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture* 1(2): 71-124.
- Hixson SM, Parrish CC, Anderson DM. 2014. Changes in tissue lipid and fatty acid composition of farmed rainbow trout in response to dietary camelina oil as a replacement of fish oil. *Lipids* 49(1): 97-111.
- IFFO. 2013. The marine ingredients organization: fishmeal and fish oil statistical yearbook 2013. [Internet]. [diunduh 21 Desember 2015]. Tersedia pada: www.iffonet.net.
- Irawan D, Hariyadi P, Wijaya H. 2003. The potency of krokot *Portulaca oleracea* as functional food ingredients. *Indonesian Food and Nutrition Progress* 10(1): 1-12.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2015. Pelepasan ikan mas mantap sebagai pendukung produksi perikanan budi daya

- yang berkelanjutan. [Internet]. [diunduh 9 November 2015]. Tersedia pada: www.djpb.kkp.go.id.
- Kowalska A, Zakes Z, Jankowska B, Siwicki A. 2010. Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture* 301(1): 69-77.
- Liu L, Howe P, Zhou YF, Xu ZQ, Hocart C, Zhang R. 2000. Fatty acids and b-carotene in Australian purslane *Portulaca oleracea* varieties. *Journal of Chromatography A* 893(1): 207-213.
- Ljubojević D, Radosavljević V, Puvača N, Baloš MZ, Đorpević V, Jovanović R, Čirković M. 2015. Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 37(5): 44-50.
- Merino G, Barange M, Blanchard JL, Harle J, Holmes R, Allen I, Rodwell LD. 2012. Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? *Global Environmental Change* 22(4): 795-806.
- Michaelsen KF, Dewey KG, Perez-Exposito AB, Nurhasan M, Lauritzen L, Roos N. 2011. Food sources and intake of n-6 and n-3 fatty acids in low-income countries with emphasis on infants, young children (6–24 months), pregnant and lactating women. *Maternal and Child Nutrition* 7(2): 124-140.
- Morais S, Monroig O, Zheng XZ, Leaver MJ, Tocher DR. 2009. Highly unsaturated fatty acid synthesis in Atlantic salmon: Characterization of ELOVL5 and ELOVL2-like elongase. *Marine Biotechnology* 11(5): 627-639.
- Mráz J. 2011. Lipid quality of common carp *Cyprinus carpio* in pond culture. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 52 p.
- Mráz J, Zajíc T, Pickova J. 2012. Culture of common carp (*Cyprinus carpio*) with defined flesh quality for prevention of cardiovascular diseases using finishing feeding strategy. *Neuroendocrinol Letters* 33(2): 60-67.
- Ogino C, Saito K. 1970. Protein nutrition in fish. 1. The utilization of dietary protein by carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 36(3): 250-254.
- Pauly D, Christensen V, Guenette S, Pitcher TJ, Sumaila UR, Walters CJ, Watson R, Zeller D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418(6898): 689-695.
- Schultz S, Koussoroplis AM, Changizi-Magrhoor Z, Watzke J, Kainz MJ. 2015. Fish oil-based finishing diet strongly increase long-chain polyunsaturated fatty acid concentrations in farm-raised common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research* 46(9): 2174-2184.
- Simopoulos AP. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine* 233(6): 674-688.
- Stancheva M, Merdzhanova A. 2011. Fatty acid composition of common carp, rainbow trout and grey mullet fish species. *Agricultural Science and Technology* 3(3): 285-289.
- Steffens W, Wirth M. 2005. Freshwater fish-an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: A review. *Archives of Polish Fisheries* 13(1): 5-16.
- Steffens W, Wirth M. 2007. Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp *Cyprinus carpio* and tench *Tinca tinca*. *Aquaculture International* 15(3): 313-319.
- Stroescu M, Stoica-Guzun A, Ghergu S, Chira N, Jipa I. 2013. Optimization of fatty acids extraction from *Portulaca oleracea* seed using response surface methodology. *Industrial Crops and Products* 43(1): 405-411.
- Takeuchi T, Satoh S, Kiron V. 2002. Common carp, *Cyprinus carpio*. In: Webster CD, Lim C (eds). *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Publishing, pp. 245-261.
- Thanuthong T, Francis DS, Manickam E, Senadheera SD, Cameron-Smith D, Turchini GM. 2011. Fish oil replacement in rainbow trout diets and total dietary PUFA content: effects on fatty acid metabolism and in vivo fatty acid bioconversion. *Aquaculture* 322(1): 99-108.
- Uddin KM, Juraimi AS, Hossain MS, Un Nahar MA, Ali ME, Rahman MM. 2014. Purslane weed *Portulaca oleracea*: A prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal* 2014(1): 1-6.
- Watanabe T. 1988. *Fish Nutrition and Mariculture*. JICA. Textbook. Department of Aquaculture.

- tic Bioscience. Tokyo University of Fisheries, Japan. 233 p.
- Yilmaz E, Genc E. 2006. Effects of alternative dietary lipid sources (soy-acid oil and yellow grease) on growth and hepatic lipidosis of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling: a preliminary study. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6(2): 37-42.
- Zivic I, Zivic M, Bjelanovic K, Spasic M, Raskovic B, Stankovic M, Markovic Z. 2014. Fatty acid profile in muscles of carp *Cyprinus carpio* L. raised in a semi-intensive production system fed with grains, pelleted and extruded feed. *Archives of Biological Sciences* 66(2): 877-887.