

SUPLEMENTASI L-KARNITIN DAN KAYU MANIS PADA PAKAN TERHADAP PENURUNAN LEMAK DAN TEKSTUR FILET IKAN PATIN *Pangasianodon hypophthalmus* PADA FASE PEMBESARAN

Imam Tri Wahyudi[#], Dedi Jusadi, Mia Setiawati, Julie Ekasari, dan Muhammad Agus Suprayudi

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

(Naskah diterima: 31 Oktober 2022; Revisi final: 05 November 2023; Disetujui publikasi: 05 November 2023)

ABSTRAK

Ikan patin memiliki kandungan lemak daging yang tinggi, sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi kadar lemak tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi suplementasi L-karnitin dan tepung kayu manis terhadap kadar lemak dan tekstur daging ikan patin pada fase pembesaran. Ikan patin berukuran $125,4 \pm 7,85$ g dan panjang $24,71 \pm 0,68$ cm dipelihara selama 60 hari dalam wadah hapa berukuran $2 \times 1 \times 1$ m³. Ikan diberi pakan tiga kali sehari *ad satiation* dengan perlakuan, sebagai berikut: kontrol (K), penambahan L-karnitin 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-karnitin 2 g kg⁻¹ (LK 2), kayu manis 5 g kg⁻¹ (KM 5), dan kayu manis 10 g kg⁻¹ (KM 10). Sampel diambil pada awal, pertengahan, dan akhir pemeliharaan untuk pengukuran kadar lemak daging. Parameter yang diamati yaitu lemak daging dan tekstur daging. Hasil menunjukkan bahwa pemberian KM 10 menghasilkan kadar lemak yang lebih rendah dari perlakuan lainnya setelah 30 hari dan penurunan yang lebih besar yaitu berkisar 51,06% dan 42,55% pada perlakuan LK 2 dan KM 10 pada hari ke-60. Nilai indeks hepatosomatik juga menurun yang diikuti oleh penurunan kadar lemak hati. Nilai kekerasan daging menunjukkan peningkatan kualitas yang terlihat dari nilai yang semakin rendah. Pemberian tepung kayu manis 10 g kg⁻¹ pada fase pembesaran menunjukkan hasil terbaik pada pemberian selama 60 hari dalam menurunkan lemak daging ikan patin hingga memenuhi standar filet, karena adanya proses lipolisis serta pemanfaatan lemak menjadi energi. Kayu manis ini menjadi sangat potensial untuk dikembangkan sebagai *feed additive* dalam upaya memperbaiki kualitas daging ikan patin fase pembesaran.

KATA KUNCI: ikan patin; kayu manis; lemak daging; L-karnitin; tekstur

ABSTRACT: *Dietary Supplementation of L-Carnitine and Cinnamon Powder to Reduce Lipid Content and Improve the Texture of Striped Catfish Pangasianodon hypophthalmus Meat in the Growth-Out Stage*

Striped catfish meat has a high-fat content which is undesirable to markets and customers alike and needs to be reduced. This study aims to evaluate the effect of dietary L-carnitine and cinnamon powder on reducing the fat content of striped catfish meat in the grow-out stage. Striped catfish measuring 125.4 ± 7.85 g and 24.71 ± 0.68 cm body length were kept for 60 days in a hapa with size $2 \times 1 \times 1$ m³. The fish were fed three times a day at satiation with the following treatments: control (K), the addition of L-carnitine 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-carnitine 2 g kg⁻¹ (LK 2), cinnamon 5 g kg⁻¹ (KM 5) and cinnamon 10 g kg⁻¹ (KM 10).

[#]Korespondensi: Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Email: imamtri_tri@apps.ipb.ac.id

Sampling was conducted on the initial, middle and final day for meat fat content analysis. The parameters observed were meat fat and meat texture. The results showed that dietary KM 10 significantly reduced meat fat content compared to controls on the 30th and it showed a more significant reduction, namely 51.06% and 42.55%, in the treatment LK 2 and KM 10 after 60 days treatment. The hepatosomatic index value also decreased, followed by decreased liver fat levels. The lower values of meat hardness imply an increase in meat quality. It can be concluded that the application of dietary cinnamon powder at 10 g kg⁻¹ (KM 10) is the best level to reduce the fat content of striped catfish meat in meeting the fillet standards. This cinnamon has excellent potential to be developed as a feed additive to improve the quality of striped catfish meat in the rearing phase.

KEYWORDS: *cinnamon; L-carnitine; lipid content; striped catfish; texture*

PENDAHULUAN

Ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) merupakan ikan yang berasal dari wilayah Asia Tenggara dan sekitarnya, dan telah menjadi komoditas ekspor dunia (Rathod *et al.*, 2018). Ikan ini termasuk jenis ikan *air-breathing* sehingga menjadikan ikan ini tahan terhadap kualitas air yang rendah dan sangat memungkinkan untuk dibudidayakan dengan kepadatan tinggi (Phuong *et al.*, 2018). Hal tersebut yang menjadikan ikan patin cukup populer dikembangkan. Hingga pada tahun 2020, produksi patin global mencapai 2,5 juta ton per tahun (FAO, 2022), dan Indonesia menempati posisi ke-4 produsen terbesar dari ikan patin di dunia setelah Vietnam, India, dan Bangladesh (Global Aquaculture Alliance, 2020). Ikan patin memiliki pasar yang besar, ini terbukti bahwa ikan patin saat ini telah diekspor hingga ke lebih dari 130 negara di seluruh dunia (Platas-Rosado *et al.*, 2021). Produk filet merupakan produk ikan patin yang paling banyak diekspor (Orban *et al.*, 2008; Huy *et al.*, 2022). Filet ikan patin cukup populer karena harga yang terjangkau dan dapat menjadi alternatif pengganti ikan berdaging putih lainnya yang harganya lebih mahal seperti ikan *cod* dan Alaska Pollock (Nhu *et al.*, 2015; FAO, 2022).

Filet ikan patin secara umum digolongkan dalam filet rendah lemak jika dibandingkan dengan ikan lain seperti ikan salmon (Sugata *et al.*, 2019). Kadar lemak ikan patin menurut

Guimarães *et al.*, (2016) digolongkan menjadi *lean* (<2%), lemak rendah (2–4%), lemak sedang (4–8%), dan lemak tinggi (>8%). Berdasarkan kajian kadar lemak filet ikan patin yang dijual di pasar ekspor (kualitas baik) berkisar 1,3–3,1% (Orban *et al.*, 2008). Standar tersebut akan menjadi dasar acuan lemak yang direkomendasikan yaitu termasuk golongan *lean* dan lemak rendah. Namun, Al-Noor *et al.*, (2012) melaporkan bahwa komposisi proksimat ikan patin sangat bervariasi, termasuk lemak daging yaitu berkisar 4,08–8,08%. Suwarsito (2007) dalam penelitian pendahuluan yang mengamati ikan patin Indonesia yang dipelihara di karamba jaring apung atau kolam air tenang mengandung lemak yang tinggi yaitu 7,98%.

Lemak dalam daging ikan patin dapat menyebabkan permasalahan lain, seperti berpotensi meningkatkan kekuningan daging, bau lumpur, dan tekstur lembek. Warna daging ikan patin disebabkan oleh tingginya kadar karotenoid dalam daging dan karotenoid jenis *lutein* dan *zeaxanthin* yang merupakan penyebab utama warna kekuningan pada golongan *catfish* (Gopan *et al.*, 2018). Karotenoid disimpan bersama dengan jaringan lemak dalam tubuh, karena karotenoid larut lemak (Islam *et al.*, 2021). Selain pigmen warna, lemak yang tinggi juga meningkatkan *uptake* senyawa geosmin dan 2-methylisoborneol (MIB), dimana kedua senyawa tersebut bertanggung jawab terhadap timbulnya bau lumpur (Azaria & Van Rijn, 2018; Schram *et al.*, 2021). Bau lumpur menjadi permasalahan yang cukup serius dalam industri

pangan, yang dapat menurunkan kualitas dan ketertarikan konsumen (Hossain *et al.*, 2022). Filet dengan lemak yang tinggi (3,4-7,3% bobot basah) menghasilkan daging yang lebih lembek (*juicier*) dari filet dengan kadar lemak rendah (2,9-4,6%) (Bland *et al.*, 2018; Cheng *et al.*, 2014).

Lemak ikan patin merupakan sumber gizi yang baik karena mengandung asam lemak dan kolesterol yang baik untuk kesehatan, namun karena lemak yang tinggi berpengaruh terhadap preferensi konsumen, maka upaya menurunkan lemak daging ikan patin perlu segera dilakukan untuk mencapai kualitas daging yang baik. Penurunan lemak dalam tubuh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu meningkatkan pemanfaatan karbohidrat dan lemak menjadi energi, sehingga proses lipogenesis yang menghasilkan deposit lemak dapat ditekan (Salmerón, 2018). Cara kedua yaitu meningkatkan proses lipolisis jaringan lemak dan memanfaatkannya kembali menjadi energi (Salmerón, 2018). Bahan L-karnitin dan kayu manis memiliki kemampuan di atas, dan beberapa kajian terakhir juga membuktikan dapat menurunkan lemak daging dan bahkan meningkatkan pertumbuhan (Suwarsito, 2007; Setiawati *et al.*, 2016). L-karnitin merupakan senyawa yang disintesis dari asam amino lisin dan metionin yang memiliki peran dalam transportasi asam lemak dari sitoplasma ke membran internal mitokondria untuk dimanfaatkan sebagai energi dalam β -oksidasi, serta memiliki fungsi dalam *protein sparing effect* (Li *et al.*, 2017, Li *et al.*, 2023), sehingga protein dari pakan sebagian besar digunakan untuk sintesis protein tubuh. Peningkatan pemanfaatan lemak sebagai sumber energi berdampak pada penurunan kadar lemak tubuh, seperti pada ikan *golden pompano* (Chen *et al.*, 2022), nila (Sanchez *et al.*, 2021), zebrafish (Li *et al.*, 2017), *pikeperch* (Akbari *et al.*, 2014), dan ikan patin (Wahyudi *et al.*, 2023). Suwarsito (2007) telah berhasil menurunkan kadar lemak daging pada juvenil ikan patin menggunakan L-karnitin yang ditambahkan ke dalam pakan sebanyak 0,2% dan mampu menurunkan kadar lemak daging menjadi sepertiga dari ikan kontrol.

Selain L-karnitin, daun kayu manis dengan kandungan bahan aktifnya seperti sinamaldehyd telah banyak dibuktikan dapat menurunkan lemak pada ikan patin (Rolin *et al.*, 2015; Setiawati *et al.*, 2015; Laheng *et al.*, 2016; Tartila *et al.*, 2021). Seperti halnya dengan L-karnitin, kayu manis dengan bahan aktif sinamaldehyd juga berfungsi secara langsung dalam pemanfaatan lemak menjadi energi, pada ikan dan udang dilaporkan dapat meningkatkan proses β -oksidasi dan lipolisis, yang berdampak pada penurunan lemak tubuh (Li *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2022; Gu *et al.*, 2022). Laheng *et al.*, (2016) berhasil menurunkan lemak daging dengan 10 g kg⁻¹ tepung daun kayu manis melalui pakan ikan patin fase pembesaran.

Penelitian sebelumnya telah berhasil menurunkan lemak daging pada stadia juvenil, sedangkan pemeliharaan ikan patin mencapai ukuran 700-1.200 g. Karakteristik ikan besar dan ikan kecil cukup berbeda, sehingga perlu dievaluasi kembali penggunaan bahan L-karnitin dan tepung kayu manis serta sekaligus membandingkan kedua bahan tersebut terhadap lemak dan tekstur daging ikan patin pada fase pembesaran. Penelitian ini juga mengevaluasi lama pemberian bahan untuk menurunkan lemak daging ikan patin hingga mencapai standar filet.

BAHAN DAN METODE

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan lima perlakuan pakan komersial yang diberi bahan suplementasi berupa L-karnitin dan kayu manis dengan empat ulangan individu. Dosis suplementasi mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu Suwarsito (2007) dengan dosis optimal L-karnitin 2 g kg⁻¹, sedangkan dosis kayu manis mengacu pada Setiawati *et al.* (2016) yaitu 10 g kg⁻¹. Pada penelitian ini juga digunakan dosis yang lebih rendah yaitu diturunkan 50% dari dosis optimal (Tabel 1).

Tabel 1. Suplementasi pakan dengan L-karnitin dan kayu manis pada pakan

Table 1. Diets supplementation with L-carnitine and cinnamon

Pakan Diets	Keterangan Notes
K	Pakan komersial tanpa suplementasi Comercial feed without supplementation
LK 1	Pakan komersial + L-karnitin 1 g kg ⁻¹ Comercial feed + L-carnitine 1 g kg ⁻¹
LK 2	Pakan komersial + L-karnitin 2 g kg ⁻¹ Comercial feed + L-carnitine 2 g kg ⁻¹
KM 5	Pakan komersial + tepung kayu manis 5 g kg ⁻¹ Comercial feed + cinnamon powder 5 g kg ⁻¹
KM 10	Pakan komersial + tepung kayu manis 10 g kg ⁻¹ Comercial feed + cinnamon powder 10 g kg ⁻¹

Pembuatan Pakan Uji

Pakan uji yang digunakan adalah pakan apung komersial dengan kandungan protein 25-26% yang di-coating L-karnitin atau kayu manis. Dosis yang ditambahkan ke dalam 1 kg pakan yaitu: tanpa penambahan suplemen sebagai kontrol (K), L-karnitin 1 g (LK 1), L-karnitin 2 g (LK 2), kayu manis 5 g (KM 5), dan kayu manis 10 g (KM 10) per kg pakan. Metode coating dilakukan dengan menambahkan putih telur sebagai perekat yang mengacu pada Siagian *et al.* (2021). L-karnitin atau kayu manis dicampur dengan 40 g putih telur, 2 g kuning telur, progol 3 g, dan air 200 mL untuk 1 kg pakan, lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya campuran tersebut disemprotkan pada pakan komersial hingga merata. Pakan lalu dikeringkan selama \pm 4 jam menggunakan oven pada suhu 60°C. Setelah pakan kering, pakan disimpan pada wadah tertutup dan pada suhu ruang. Hasil analisis proksimat pakan ditampilkan pada Tabel 2.

Ikan Uji dan Pemeliharaan Ikan

Ikan uji menggunakan ikan patin berukuran $125,4 \pm 7,85$ g dan panjang $24,71 \pm 0,68$ cm. Ikan dipelihara dalam lima wadah berupa jaring

hapa ($2 \times 1 \times 1$ m³) yang dipasang di dalam kolam beton berlapis plastik HDPE 200 m² dengan kedalaman 1,5 m. Setiap hapa ditebar ikan dengan kepadatan 10 ekor per hapa, metode pemeliharaan ikan patin dan kepadatan tebar ikan mengacu pada SNI (BSN, 2016). Selama pemeliharaan 60 hari, ikan diberi pakan secara *ad satiation* tiga kali sehari, yaitu sekitar pukul 08:00, 13:00, dan 17:00 WIB. Jumlah konsumsi pakan dihitung berdasarkan total pakan yang diberikan setiap hari. Ikan dipelihara pada kolam air tenang dengan debit air rata-rata 1 L detik⁻¹. Selama pemeliharaan kualitas air diperoleh dalam rentang suhu 29-30°C, oksigen terlarut 4-6,4 mg L⁻¹, pH 6,3-6,4, dan total amoniak nitrogen 0,0001-0,0003 mg L⁻¹.

Analisis Kimia

Analisis kimia daging dilakukan dengan mengambil sampel daging ikan tanpa kulit pada awal pemeliharaan (0 hari), tengah (30 hari), dan akhir pemeliharaan (60 hari). Analisis ini meliputi kadar air, lemak, dan protein. Awal pemeliharaan diambil sampel sebanyak tiga ekor, di tengah pemeliharaan diambil sebanyak dua ekor setiap perlakuan, dan pada akhir pemeliharaan diambil sebanyak tiga ekor setiap

perlakuan. Ikan dipingsankan menggunakan minyak cengkeh 0,05 mL L⁻¹ (Varner, 2000), kemudian dibedah untuk mengambil sampel daging dan hati. Analisis hati dilakukan dengan mengambil organ hati pada akhir pemeliharaan (60 hari) sebanyak empat ekor setiap perlakuan. Analisis proksimat pakan dan sampel ikan mengacu pada AOAC (2012). Analisis kadar air dengan oven pada suhu 105-110°C selama 12 jam. Analisis protein menggunakan metode Kjeldahl. Analisis serat kasar dilakukan menggunakan pelarutan asam dan basa lemah. Analisis kadar abu menggunakan tanur pada suhu 600°C. Analisis kadar lemak pakan dengan metode Soxhlet. Kadar lemak daging dan hati menggunakan metode Folch (Watanabe, 1998).

Parameter Uji

Parameter uji meliputi bobot ikan, kadar protein dan lemak daging, indeks hepatosomatik atau *hepatosomatic index* (HSI), tingkat kekerasan daging, dan *edible portion*. Kekerasan filet daging ikan dianalisis dengan alat Digital Penetrometer Precision model 73500. *Edible portion* ikan patin merupakan persen rasio bobot daging yang dapat dimakan (g) terhadap bobot ikan (g) (Suryaningrum *et al.*, 2010). Nilai HSI, kekerasan daging, dan *edible portion* dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$\text{HSI (\%)} = (\text{bobot organ hati} / \text{bobot tubuh ikan}) \times 100$$

$$\text{Kekerasan daging (mm detik}^{-1}\text{)} = \text{kedalaman (mm)} / \text{waktu (detik)}$$

Tabel 2. Komposisi proksimat pakan perlakuan yang telah ditambahkan L-karnitin dan kayu manis

Table 2. Proximate composition of L-carnitine and cinnamon supplemented diets

Komposisi Composition	Perlakuan Treatment				
	K	LK 1	LK 2	KM 5	KM 10
Kadar Air (%) Moisture (%)	8,41	8,61	8,47	8,81	8,70
Protein (%) Protein (%)	25,62	26,14	26,56	25,56	25,39
Lemak (%) Lipid (%)	4,24	4,00	3,99	4,00	4,00
Kadar Abu (%) Ash (%)	7,00	7,50	8,50	7,00	7,50
Serat kasar (%) Crude fiber (%)	4,64	4,31	4,27	4,84	4,95
BETN (%) NFE (%)	49,29	49,44	48,21	51,14	49,67
GE (kkal 100 g ⁻¹) GE (kcal 100g ⁻¹)	389,91	386,69	383,88	389,47	384,34

Keterangan: Kontrol (K), L-karnitin 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-karnitin 2 g kg⁻¹ (LK 2), kayu manis 5 g kg⁻¹ (KM 5), kayu manis 10 g kg⁻¹ (KM 10), bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), komposisi *gross energy* (GE) dihitung berdasarkan protein = 5,6 kkal g⁻¹, lemak = 9,4 kkal g⁻¹, karbohidrat = 4,1 kkal g⁻¹ (Watanabe, 1998).

Notes: Control (K), L-carnitine 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-carnitine 2 g kg⁻¹ (LK 2), cinnamon 5 g kg⁻¹ (KM 5), cinnamon 10 g kg⁻¹ (KM 10), nitrogen free extract (NFE), Gross energy (GE) composition was calculated based on protein = 5.6 kcal g⁻¹, lipid = 9.4 kcal g⁻¹, carbohydrates = 4.1 kcal g⁻¹ (Watanabe, 1998).

Edible portion (%) = (bobot daging yang dapat dikonsumsi / bobot tubuh) \times 100

Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan histogram. Nilai yang disajikan pada tabel dalam bentuk nilai rata-rata \pm simpangan baku. Analisis data dilakukan menggunakan program Microsoft Excel 2010.

HASIL DAN BAHASAN

Bobot rata-rata ikan awal, hari ke-30 dan hari ke-60, dan HSI ditampilkan pada Tabel 3. Selama pemeliharaan 60 hari, semua perlakuan menunjukkan peningkatan bobot rata-rata, mencapai 369,3–455,9 g. Pada hari ke-30, bobot rata-rata ikan perlakuan LK 1 dan LK 2 lebih tinggi dari perlakuan lainnya, sedangkan pada hari ke-60 perlakuan KM 5 dan KM 10 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dari

perlakuan lainnya. Nilai HSI ikan pada perlakuan LK 1 dan LK 2 serta KM 10 lebih rendah dari kontrol.

Pengamatan proksimat daging ikan patin dilakukan di awal tebar dengan nilai kadar lemak dan protein berturut-turut 4,9% dan 17% (Tabel 4). Tiga puluh hari pemeliharaan terlihat pada lemak daging perlakuan LK 1, LK 2, KM 5, dan KM 10 menunjukkan nilai yang lebih rendah dari K, dengan KM 10 yang menunjukkan kadar lemak paling rendah, yaitu sebesar 34,48% lebih rendah dari K. Setelah 60 hari pemeliharaan, terlihat nilai lemak pada perlakuan LK 1, LK 2, KM 5, dan KM 10 lebih rendah dari kontrol. Perbedaan kadar lemak daging pada perlakuan LK 2 dan KM 10 masing-masing 51,06% dan 42,55% lebih rendah dari kontrol. Semakin lama waktu pemeliharaan menunjukkan penurunan lemak yang semakin besar. Hasil kadar air dan protein daging setelah 60 hari mencapai 76% dan 18%. Proksimat hati ikan patin menunjukkan kadar lemak yang

Tabel 3. Kondisi bobot ikan patin yang diberi L-karnitin dan kayu manis selama pemeliharaan 60 hari

Table 3. Weight condition of striped catfish fed with L-carnitine and cinnamon powder during 60 days of rearing

Parameter Parameters	Perlakuan Treatments				
	K	LK 1	LK 2	KM 5	KM 10
Berat awal (g) Initial weight (g)	128,1 \pm 8,2	129,1 \pm 7,2	126,24 \pm 8,22	119,9 \pm 7,2	127,3 \pm 8,5
Berat 30 hari (g) Weight 30 days (g)	248,7 \pm 4,2	317,4 \pm 10,9	323,8 \pm 2,4	299,4 \pm 18,5	298,4 \pm 8,4
Berat 60 hari (g) Weight 60 days (g)	399,7 \pm 100,3	395,2 \pm 73,1	412,8 \pm 79,1	455,9 \pm 56,4	452,7 \pm 43,4
HSI (%) HSI (%)	2,4 \pm 0,12	2,1 \pm 0,06	2,0 \pm 0,12	2,2 \pm 0,13	2,0 \pm 0,17

Keterangan: Nilai yang tertera merupakan nilai rata-rata \pm simpangan baku. Kontrol (K), L-karnitin 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-karnitin 2 g kg⁻¹ (LK 2), kayu manis 5 g kg⁻¹ (KM 5), kayu manis 10 g kg⁻¹ (KM 10), hepatosomatik indeks (HSI).

Note: Values are expressed as mean \pm standard deviation. Control (K), L-carnitine 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-carnitine 2 g kg⁻¹ (LK 2), cinnamon 5 g kg⁻¹ (KM 5), cinnamon 10 g kg⁻¹ (KM 10), hepatosomatic index (HSI).

Tabel 4. Proksimat daging dan hati ikan patin yang diberi pakan perlakuan

Table 4. Proximate meat and liver of striped catfish fed with tretment diets

Parameter <i>Parameters</i>	Perlakuan (<i>Treatments</i>)				
	K	LK 1	LK 2	KM 5	KM 10
Daging Ikan Awal <i>Initial Fish Meat</i>					
Kadar air (%) <i>Moisture (%)</i>	79,4 ± 0,4	79,4 ± 0,4	79,4 ± 0,4	79,4 ± 0,4	79,4 ± 0,4
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	17,0 ± 0,8	17,0 ± 0,8	17,0 ± 0,8	17,0 ± 0,8	17,0 ± 0,8
Lemak (%) <i>Lipid (%)</i>	4,9 ± 0,6	4,9 ± 0,6	4,9 ± 0,6	4,9 ± 0,6	4,9 ± 0,6
Daging ikan 30 Hari <i>Fish meat 30 days</i>					
Kadar air (%) <i>Moisture (%)</i>	76,7 ± 0,2	75,5 ± 0,2	75,4 ± 0,3	76,9 ± 0,4	75,7 ± 1,6
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	17,3 ± 0,1	18,1 ± 0,2	18,7 ± 1,1	16,0 ± 0,1	17,5 ± 0,4
Lemak (%) <i>Lipid (%)</i>	5,8 ± 0,5	4,4 ± 0,7	4,4 ± 0,5	4,5 ± 0,7	3,8 ± 0,9
Daging ikan 60 Hari <i>Fish meat 60 days</i>					
Kadar air (%) <i>Moisture (%)</i>	75,6 ± 0,6	76,0 ± 0,5	76,0 ± 0,4	75,8 ± 0,5	75,4 ± 0,1
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	18,2 ± 0,2	18,8 ± 0,0	18,8 ± 0,2	18,3 ± 0,5	18,4 ± 0,4
Lemak (%) <i>Lipid (%)</i>	4,7 ± 0,0	3,5 ± 0,3	2,3 ± 0,1	3,0 ± 0,2	2,7 ± 0,2
Hati 60 Hari <i>Liver 60 days</i>					
Kadar air (%) <i>Moisture (%)</i>	74,0 ± 0,3	75,4 ± 0,3	74,9 ± 0,4	74,2 ± 1,4	74,2 ± 0,2
Protein (%) <i>Protein (%)</i>	14,3 ± 0,3	14,4 ± 0,7	14,3 ± 0,3	14,9 ± 0,1	14,7 ± 0,6
Lemak (%) <i>Lipid (%)</i>	6,3 ± 0,0	4,1 ± 0,2	3,8 ± 0,0	4,2 ± 0,4	3,8 ± 0,1

Keterangan: Nilai yang tertera merupakan nilai rata-rata ± simpangan baku. Kontrol (K), L-karnitin 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-karnitin 2 g kg⁻¹ (LK 2), kayu manis 5 g kg⁻¹ (KM 5), kayu manis 10 g kg⁻¹ (KM 10).

Note: Values are expressed as mean ± standard deviation. Control (K), L-carnitine 1 g kg⁻¹ (LK 1), L-carnitine 2 g kg⁻¹ (LK 2), cinnamon 5 g kg⁻¹ (KM 5), cinnamon 10 g kg⁻¹ (KM 10).

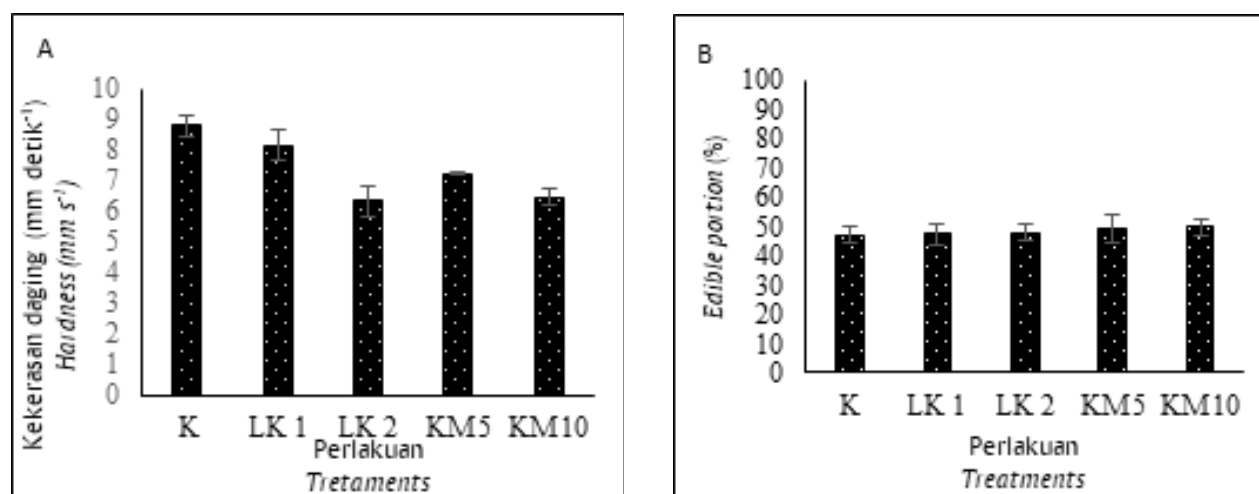
lebih rendah pada semua perlakuan LK dan KM, dan penurunan lemak hati ini berkisar dari 33,33-39,68%.

Parameter kekerasan daging dan *edible portion* ditampilkan pada Gambar 1A dan 1B. Parameter kekerasan daging juga menunjukkan peningkatan kualitas yang terlihat dari nilai yang semakin rendah. Penurunan kekerasan daging secara signifikan terjadi pada perlakuan LK 2 dan KM 10, sedangkan pada parameter *edible portion* (%) nilai tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Penurunan lemak daging berhasil dilakukan dengan pemberian L-karnitin 2 g kg⁻¹ atau kayu manis 10 g kg⁻¹ selama 60 hari, sedangkan pada kayu manis 10 g kg⁻¹ berhasil menurunkan lemak daging dalam 30 hari. Semakin lama waktu pemberian suplemen, maka akan menunjukkan pengaruh peningkatan

persentase penurunan lemak daging (Setiawati *et al.*, 2015). Hasil penurunan lemak ini selaras dengan penelitian penambahan L-karnitin (Suwarsito, 2007), penambahan ekstrak daun kayu manis (Rolin *et al.*, 2015), dan tepung daun kayu manis (Setiawati *et al.*, 2015). Ketiganya menunjukkan penambahan suplemen dengan dosis yang semakin tinggi akan menurunkan kadar lemak daging menjadi semakin rendah. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ikan patin dengan pemberian L-karnitin 2 g kg⁻¹ atau kayu manis sebesar 10 g kg⁻¹ selama 60 hari telah memenuhi standar lemak filet yaitu kisaran 1,3-3,1% (Orban *et al.*, 2008).

L-karnitin merupakan senyawa organik yang dapat diperoleh dari proses biosintesis. Sintesis L-karnitin pada hewan vertebrata umumnya terjadi di organ hati, ginjal, dan otak. Pada penelitian Suwarsito (2007), pemberian



Gambar 1. (A) Kekerasan daging dan (B) *edible portion* ikan patin yang diberi perlakuan L-karnitin dan kayu manis selama 60 hari

Figure 1. (A) Hardness and (B) *edible portion* of striped catfish fed with L-carnitine and cinnamon for 60 days

L-karnitin dapat meningkatkan akumulasi kadar L-karnitin di dalam hati ikan patin. Fungsi utama L-karnitin adalah mentranspor asam lemak ke dalam mitokondria, tempat berlangsungnya proses β -oksidasi (Li *et al.*, 2019). Asam lemak di luar mitokondria bereaksi dengan CoA menjadi Asil-CoA. Asil-CoA masuk ke dalam mitokondria melewati membran

luar. Asil-CoA merupakan bahan utama untuk proses β -oksidasi, namun Asil-CoA tidak dapat melewati membran dalam mitokondria kecuali dalam bentuk asil karnitin melewati *carnitine-acylcarnitine transferase*. Asil karnitin terbentuk dari ikatan Asil-CoA dan karnitin dengan bantuan enzim *carnitine palmitoyl transferase A* (CPTA). Asil karnitin diubah kembali menjadi

Asil-CoA dengan enzim *carnitine palmitoyl transferase* B (CPTB) dan selanjutnya masuk proses β -oksidasi untuk menghasilkan energi (Li *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, penambahan L-karnitin pada pakan secara langsung akan meningkatkan proses oksidasi asam lemak sebagai energi (*protein-sparing effect*), sehingga terjadi penurunan lemak daging.

Kayu manis sebagai bahan alami yang mengandung polifenol, sinamaldehyd, dan flavonoid dapat meningkatkan metabolisme serta sebagai antioksidan (Abd El-Hamid *et al.*, 2021; Ravardshiri *et al.*, 2021; Junior *et al.*, 2022). Kayu manis memiliki manfaat terhadap pemanfaatan glukosa melalui *insulin signaling* (Zhu *et al.*, 2017), berperan dalam metabolisme glukosa serta melepaskan asam lemak tubuh. Kayu manis juga mencegah pembentukan kolesterol dengan menghambat kerja enzim *HMG-CoA (3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzim-A) reductase* (Zhu *et al.*, 2017). Kandungan sinamaldehyd berperan dalam mengaktifkan *peroxisome proliferator-activated receptor* (PPAR) yang berperan dalam penyerapan glukosa dan kolesterol dalam darah (Li *et al.*, 2015). PPARs merupakan *ligand-activated nuclear hormone receptor* yang memiliki tiga bentuk isomer, yaitu PPAR α , PPAR γ , dan PPAR δ/γ . PPAR α berfungsi menurunkan plasma trigliserida dan meningkatkan HDL kolesterol. Isomer PPAR γ aktif dan berfungsi dalam peningkatan sensitivitas insulin (efek antidiabetes). Secara *in vitro*, kayu manis dapat meningkatkan mRNA dari PPAR α dan PPAR γ serta gen targetnya CD36, *lipoprotein lipase* (LPL), *fatty acid synthase* (FAS), GLUT4, dan *acyl-CoA oxydase* (ACO) (Chen *et al.*, 2022). Kayu manis dengan bahan aktifnya juga dapat meningkatkan kerja AMPK (*AMP-activated protein kinase*) yang bekerja dalam pemeliharaan lemak, menyeimbangkan kolesterol, merangsang β -oksidasi lemak, faktor penghambat *acetyl-CoA carboxylase* (ACC), menurunkan *melanyl-CoA* sehingga sintesis asam lemak menurun dan meningkatkan oksidasi asam lemak melalui CPTA (Zhu *et al.*, 2017).

Hati merupakan organ yang sangat berperan dalam metabolisme lemak di dalam tubuh ikan (Pietsch *et al.*, 2014; Roques *et al.*, 2020). Perlakuan L-karnitin dan kayu manis tidak menunjukkan hasil yang berbeda terhadap kadar air dan protein hati. Namun, perlakuan tersebut berpengaruh terhadap kadar lemak hati, yaitu dengan penambahan L-karnitin dan kayu manis menunjukkan hasil kadar lemak yang lebih rendah. Penurunan lemak hati menunjukkan adanya aktivitas oksidasi lemak di organ tersebut, sesuai dengan Suwarsito (2007) yang menunjukkan penurunan kadar lemak hati hanya terjadi pada perlakuan L-karnitin 2 g kg⁻¹ dan meningkat pada dosis yang lebih tinggi. Rolin *et al.* (2015) juga menunjukkan lemak hati turun hingga dosis 4 g kg⁻¹ dengan penambahan ekstrak daun kayu manis. Penurunan lemak hati berkorelasi dengan penurunan nilai HSI. Pengukuran HSI bertujuan melihat rasio bobot hati terhadap tubuh akibat akumulasi lemak dan glikogen (Rolin *et al.*, 2015). Nilai HSI yang lebih rendah mengindikasikan akumulasi lemak yang rendah karena lemak dimanfaatkan sebagai energi akibat dari aktivitas L-karnitin serta bahan aktif dalam kayu manis.

Kekerasan daging dianalisis dengan penetrometer yang menunjukkan semakin besar nilai (mm detik⁻¹) maka bahan semakin lunak (Wisudawaty *et al.*, 2020). Penurunan lemak berkorelasi dengan penurunan nilai tingkat kekerasan daging. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suwarsito (2007) bahwa nilai tekstur daging dipengaruhi oleh kadar lemak. Filet dengan lemak yang tinggi menghasilkan daging yang lebih lembek (rendah *hardness*) dari filet dengan kadar lemak rendah (Rincón *et al.*, 2016). Tekstur filet ikan patin menjadi kunci yang menentukan kualitas daging (Cheng *et al.*, 2014) dan berdampak pada penerimaan produk oleh konsumen (Harimana *et al.*, 2019). Terakhir, nilai *edible portion* menunjukkan berat daging yang dapat dimakan dan dinyatakan dalam persen (%) (Ali *et al.*, 2017). *Edible portion* beberapa jenis ikan patin berkisar antara 44-49% (Suryaningrum *et al.*, 2010), sedangkan pada penelitian ini berkisar 47-49,7%.

KESIMPULAN

Pemberian tepung kayu manis 10 g kg⁻¹ pada fase pembesaran menunjukkan hasil terbaik pada pemberian selama 60 hari dalam menurunkan lemak daging ikan patin hingga memenuhi standar filet. Hal ini disebabkan karena adanya proses lipolisis serta pemanfaatan lemak menjadi energi. Berdasarkan hal tersebut, kayu manis sangat potensial untuk dikembangkan sebagai *feed additive* dalam upaya memperbaiki kualitas daging ikan patin.

DAFTAR ACUAN

- Abd El-Hamid, M.I., Ibrahim, S.M., Eldemery, F., El-Mandrawy, S.A.M., Metwally, A.S., Khalifa, E., Elnahriry, S.S., & Ibrahim, D. (2021). Dietary cinnamaldehyde nanoemulsion boosts growth and transcriptomes of antioxidant and immune related genes to fight *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 113, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.03.021>
- Akbari, M., Rahimabadi, E.Z., Sorinejad, I., Rad, M.A., Efatpanah, E., & Khanjani, M.H. (2014). Effect of different levels of dietary L-carnitine on growth performance, food Efficiency and body composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) fingerlings. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 6(3), 7–232. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2014.06.03.82416>
- Ali, S.S.R., Ramachandran, M., Chakma, S.K., & Asrar, M. (2017). Proximate composition of commercially important marine fishes and shrimps from the Chennai coast, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 113–119.
- Al-Noor, S.M., Hossain, M.D., & Islam, M.A. (2012). The study of fillet proximate composition, growth performance and survival rate of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fed with diets containing different amounts of alpha-tocopherol (vitamin-E). *Journal of Bio-Science*, 20, 67–74. <https://doi.org/10.3329/jbs.v20i0.17658>
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (19th ed.). AOAC International.
- Azaria, S., & Van Rijn, J. (2018). Off-flavor compounds in recirculating aquaculture systems (RAS): Production and removal processes. *Aquacultural Engineering*, 83, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.09.004>
- Bland, J.M., Bett-Garber, K.L., Li, C.H., Brashear, S.S., Lea, J.M., & Bechtel, P.J. (2018). Comparison of sensory and instrumental methods for the analysis of texture of cooked individually quick frozen and fresh-frozen catfish fillets. *Food Science & Nutrition*, 6(6), 1692–1705. <https://doi.org/10.1002/fsn3.737>
- BSN. (2016). *Ikan Patin Siam (Pangasianodon hypophthalmus, Sauvage 1878)—Bagian 3: Produksi Induk*. Badan Standardisasi Nasional.
- Chen, Z., Jing, F., Lu, M., Su, C., Tong, R., & Pan, L. (2022). Effects of dietary trans-cinnamaldehyde on growth performance, lipid metabolism, immune response and intestinal microbiota of *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 131, 908–917. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.11.008>
- Cheng, J.-H., Sun, D.-W., Han, Z., & Zeng, X.-A. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A review: fish and fillet freshness quality: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(1), 52–61. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12043>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

- Global Aquaculture Alliance. (2020). *The Advocate Global Aquaculture Alliance*. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/goal-2020-finfish-production-survey/>.
- Gopan, A., Ande, M.P., Varghese, T., Sahu, N.P., Lalappan, S., Srivastava, P.P., & Jain, K.K. (2018). Dietary carotenoid supplementation improves fillet appearance, antioxidant status and immuneresponses in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) nevertheless the growth performance. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(11). https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_11_07
- Gu, Y., Han, J., Wang, W., Zhan, Y., Wang, H., Hua, W., Liu, Y., Guo, Y., Xue, Z., & Wang, W. (2022). Dietary cinnamaldehyde enhances growth performance, digestion, immunity, and lipid metabolism in juvenile fat greenling (*Hexagrammos otakii*). *Aquaculture Nutrition*, 2022, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/2132754>
- Guimarães, C.F.M., Mársico, E.T., Monteiro, M.L.G., Lemos, M., Mano, S.B., & Conte Junior, C.A. (2016). The chemical quality of frozen Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* fillets. *Food Science & Nutrition*, 4(3), 398–408. <https://doi.org/10.1002/fsn3.302>
- Harimana, Y., Tang, X., Xu, P., Xu, G., Karangwa, E., Zhang, K., Sun, Y., Li, Y., Ma, S., Uriho, A., & Tuyishimire, M. A. (2019). Effect of long-term moderate exercise on muscle cellularity and texture, antioxidant activities, tissue composition, freshness indicators and flavor characteristics in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture*, 510, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.051>
- Hossain, A., Badiuzzaman, Nielsen, M., & Roth, E. (2022). Consumer willingness to pay for quality attributes of pangasius (*Pangasianodoan hypophthalmus*) in Bangladesh: A hedonic price analysis. *Aquaculture*, 555, 738205. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738205>
- Huy, D.T.N., Nam, V.Q., Hanh, H.T., Minh, P.N., & Huong, L.T.T. (2022). A review and further analysis on seafood processing and the development of the fish *Pangasius* from the food industry perspective. *Food Science and Technology*, 42, e76421. <https://doi.org/10.1590/fst.76421>
- Islam, S., Haque, M., Razzak, M., Schlüter, L., Ahsan, E., Podduturi, R., & Jørgensen, N. (2021). Yellow tainting of flesh in pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*): Origin of the color and procedures for removal. *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(4), 193–201. <https://doi.org/10.26650/ASE2021862649>
- Junior, G.B., Bianchini, A.E., De Freitas Souza, C., Descovi, S.N., Da Silva Fernandes, L., De Lima Silva, L., Cargnelutti, J.F., & Baldisserotto, B. (2022). The use of cinnamon essential oils in aquaculture: Antibacterial, anesthetic, growth-promoting, and antioxidant effects. *Fishes*, 7(3), 133. <https://doi.org/10.3390/fishes7030133>
- Laheng, S., Setiawati, M., Jusadi, D., & Agus Suprayudi, M. (2016). Applications of the addition of extract and cinnamon leaf flour in the diet on the quality of meat of catfish. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(1), 36–43. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.1.36>
- Li, J.-E., Futawaka, K., Yamamoto, H., Kasahara, M., Tagami, T., Liu, T.-H., & Moriyama, K. (2015). Cinnamaldehyde contributes to insulin sensitivity by activating PPAR δ , PPAR γ , and RXR. *The American Journal of Chinese Medicine*, 43(05), 879–892. <https://doi.org/10.1142/S0192415X15500512>
- Li, J.-M., Li, L.-Y., Qin, X., Ning, L.-J., Lu, D.-L., Li, D.-L., Zhang, M.-L., Wang, X., & Du, Z.-Y. (2017). Systemic regulation of L-carnitine in nutritional metabolism in zebrafish, *Danio rerio*. *Scientific Reports*, 7(1), 40815. <https://doi.org/10.1038/srep40815>

- Li, J.-M., Zhang, Z., Kong, A., Lai, W., Xu, W., Cao, X., Zhao, M., Li, J., Shentu, J., Guo, X., & Mai, K. (2023). Dietary L-carnitine regulates liver lipid metabolism via simultaneously activating fatty acid β -oxidation and suppressing endoplasmic reticulum stress in large yellow croaker fed with high-fat diets. *British Journal of Nutrition*, 129(1), 29–40. <https://doi.org/10.1017/S0007114522000101>
- Li, L., Limbu, S. M., Ma, Q., Chen, L., Zhang, M., & Du, Z. (2019). The metabolic regulation of dietary L-carnitine in aquaculture nutrition: Present status and future research strategies. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1228–1257. <https://doi.org/10.1111/raq.12289>
- Nhu, T.T., Schaubroeck, T., De Meester, S., Duyvejonck, M., Sorgeloos, P., & Dewulf, J. (2015). Resource consumption assessment of *Pangasius* fillet products from Vietnamese aquaculture to European retailers. *Journal of Cleaner Production*, 100, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.030>
- Orban, E., Navigato, T., Lena, G.D., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L., & Caproni, R. (2008). New trends in the seafood market Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chemistry*, 110, 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>
- Phuong, L.M., Huong, D.T.T., Malte, H., Nyengaard, J.R., & Bayley, M. (2018). Ontogeny and morphometrics of the gill and swim bladder of air-breathing striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Journal of Experimental Biology*, 221(3), jeb.168658. <https://doi.org/10.1242/jeb.168658>
- Pietsch, C., Schulz, C., Rovira, P., Kloas, W., & Burkhardt-Holm, P. (2014). Organ damage and hepatic lipid accumulation in carp (*Cyprinus carpio* L.) after feed-borne exposure to the mycotoxin, deoxynivalenol (DON). *Toxins*, 6(2), 756–778. <https://doi.org/10.3390/toxins6020756>
- Platas-Rosado, D.E., González-Reynoso, L., Hernández-Arzaba, J.C., & Torres-Tadeo, C.M. (2021). Economic impact and feasibility of striped catfish farming (*Pangasius hypophthalmus*) in Mexico. *Agro Productividad*, 14(4), 155–159. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i4.2015>
- Rathod, N.B., Pagarkar, A.U., Pujari, K.H., Shingare, P.E., Satam, S.B., Phadke, G. G., & Gaikwad, B.V. (2018). Status of valuable components from *Pangasius*: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(04), 2106–2120. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.241>
- Ravardshiri, M., Bahram, S., Javadian, S.R., & Bahrekazemi, M. (2021). Cinnamon promotes growth performance, digestive enzyme, blood parameters, and antioxidant activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in low-carbohydrate diets. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(07), 309–322. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_7_01
- Rincón, L., Castro, P.L., Álvarez, B., Hernández, M.D., Álvarez, A., Claret, A., Guerrero, L., & Ginés, R. (2016). Differences in proximal and fatty acid profiles, sensory characteristics, texture, colour and muscle cellularity between wild and farmed blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture*, 451, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.016>
- Rolin, F., Setiawati, M., & Jusadi, D. (2015). Evaluasi pemberian ekstrak daun kayu manis *Cinnamomum burmannii* pada pakan terhadap kinerja pertumbuhan ikan patin *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(3), 201–208. <https://dx.doi.org/10.32491/jii.v15i3.56>

- Roques, S., Deborde, C., Richard, N., Skiba-Cassy, S., Moing, A., & Fauconneau, B. (2020). Metabolomics and fish nutrition: A review in the context of sustainable feed development. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 261–282. <https://doi.org/10.1111/raq.12316>
- Salmerón, C. (2018). Adipogenesis in fish. *Journal of Experimental Biology*, 221, 1–11. <https://doi.org/10.1242/jeb.161588>
- Sanchez, M.S.D.S., Lins-Rodrigues, M., Pessini, J.E., Bittencourt, F., Boscolo, W. R., & Signor, A. (2021). Dietary supplementation with l-carnitine for Nile tilapia juveniles. *Aquaculture*, 539, 736616. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736616>
- Schram, E., Kwadijk, C., Hofman, A., Blanco, A., Murk, A., Verreth, J., & Schrama, J. (2021). Effect of feeding during off-flavour depuration on geosmin excretion by Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 531, 735883. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735883>
- Setiawati, M., Jusadi, D., Laheng, S., Suprayudi, M.A., & Vinasyiam, A. (2016). The enhancement of growth performance and feed efficiency of Asian catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* fed on *Cinnamomum burmannii* leaf powder and extract as nutritional supplementation. *AACL Bioflux*, 9(6), 1301–1309.
- Setiawati, M., Sakinah, A., & Jusadi, D. (2015). Evaluation of growth and meat performance of *Pangasianodon hypophthalmus* which fed with *Cinnamomum burmannii* leaves enriched diet. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 14(2), 171–178. <https://doi.org/10.19027/jai.14.171-178>
- Siagian, D.R., Jusadi, D., Ekasari, J., & Setiawati, M. (2021). Dietary α -lipoic acid supplementation to improve growth, blood chemistry, and liver antioxidant status of African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture International*, 29(5), 1935–1947. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00726-1>
- Sugata, M., Wiriadi, P.F., Lucy, J., & Jan, T.T. (2019). Total lipid and omega-3 content in *Pangasius catfish* (*Pangasius pangasius*) and milkfish (*Chanos chanos*) from Indonesia. *Malaysian Journal of Nutrition*, 25(1), 163–169. <https://doi.org/10.31246/mjn-2018-0137>
- Suryaningrum, T.D., Muljanah, I., & Tahapari, E. (2010). Profil sensori dan nilai gizi beberapa jenis ikan patin dan hibrid nasutus. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 5(2), 153. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v5i2.419>
- Suwarsito. (2007). Pengaruh L-Karnitin terhadap kadar lemak daging dan komposisi tubuh ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Journal of Fisheries Sciences*, 9(1), 63–68.
- Tartila, S.S.Q., Jusadi, D., Setiawati, M., & Fauzi, I.A. (2021). Evaluation of dietary supplementation with cinnamon products on growth, blood composition, liver structure, and meat quality of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture International*, 29(5), 2243–2257. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00746-x>
- Varner, W. (2000). Anesthetics. In R.R. Stickney (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture* (pp. 33–38). John Wiley & Sons, Inc.
- Wahyudi, I.T., Jusadi, D., Setiawati, M., & Ekasari, J. (2023). Effects of dietary supplementation with cinnamon powder and lysine on blood chemistry, liver histology, growth performance, and fillet quality of striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture International*, 31, 3513–3529. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01141-4>
- Watanabe, T. (1998). *Fish Nutrition and Mariculture*. Japan International Cooperation Agency.

- Wisudawaty, P., Yuliasih, I., & Haditjaroko, L. (2020). Aplikasi edible coating minyak kayu manis pada manisan tomat cherry selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(1), 63–71. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.1.63>
- Zhu, R., Liu, H., Liu, C., Wang, L., Ma, R., Chen, B., Li, L., Niu, J., Fu, M., Zhang, D., & Gao, S. (2017). Cinnamaldehyde in diabetes: A review of pharmacology, pharmacokinetics and safety. *Pharmacological Research*, 122, 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.05.019>